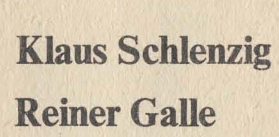


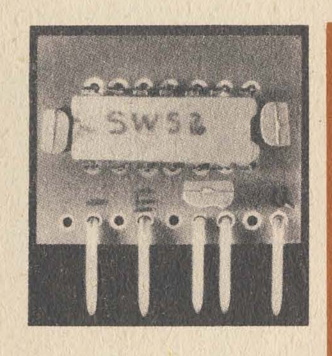
Bauplan Nr. 37
Preis 1,– M



Klaus Schlenzig
Reiner Galle

Digital-Mosaik II

Digitale bipolare Amateurschaltkreise



Erster Bauplan,
für den ätzfeste Abreibebilder
»typofix electronic special«
im Handel sind –
vergleiche Hinweise im Text!

Originalbauplan Nr. 37

Inhalt

Vorbemerkung

Nachdem bei Erscheinen des »Bastelbeutels 8« vor einigen Jahren ein entsprechender Bauplan noch »Neuland« zu erschließen hatte, können heute bei der Mehrzahl der Elektronikpraktiker Grundkenntnisse über logische Funktionen und (integrierte) digitale Schaltungen vorausgesetzt werden. Informationen über ihre Anwendung müssen darum nicht mehr umfangreiche Grundlagenbeschreibungen enthalten, sondern sollten, ähnlich wie beim Transistor, stärker anwendungsbezogen orientiert sein. Dabei helfen auch einige inzwischen weitverbreitete populäre Fachbücher auf diesem Gebiet, zu denen man vor allem das von Kühn und Schmied zählen muß. Auch die »periodische« Fachpresse »Funkamateur« und »radio-fernsehen-elektronik« und der Fachhandel entwickelten zahlreiche Aktivitäten bezüglich der Verbreitung von Informationen und Material. All das kommt dem vorliegenden Bauplan zugute, der auf engem Raum Schaltung und Einsatz inzwischen preisgünstig erhältlicher digitaler bipolarer Amateurschaltkreise kleinen und mittleren Integrationsgrades vorstellt.

1. Einleitung

Als Bauplan Nr. 29 erschien vor 3 Jahren der Titel »Digitale Schaltkreise für den Anfang«. Grundlage war der »Bastelbeutel 8«, der auch bei Erarbeitung des vorliegenden Bauplans noch im Handel angeboten wurde.

Drei Jahre sind besonders für die Elektronik eine lange Zeit. Inzwischen arbeitet die Industrie der DDR mit Mikroprozessoren aus eigener Fertigung, und für die optische Informationsausgabe stehen eine Reihe von modernen Anzeigeeinheiten auf Festkörperbasis zur Verfügung. An all dem nimmt auch der Amateur zunehmend Anteil. 1974 scheiterte das Vorhaben der noch immer so populären Digitaluhr oft bereits am Preis der Ziffernanzeigeröhren. 1978 stehen dafür neben Festkörper-Symbolanzeigen ebenfalls billige Basteltypen zur Verfügung. »Experten« arbeiten heute bereits mit hochintegrierten Schaltkreisen, wie sie im RGW-Maßstab angeboten werden. Aus der relativ »primitiven«, bezüglich Schaltkreisen und übrigen Bauelementen jedoch recht aufwendigen Lösung mit Einzelgattern, als Ablösung transistorbestückter Teilerstufen, wurden mittelintegrierte Schaltkreise entwickelt, die sich als Varianten für Uhren, Zähler und sogar Digitalvoltmeter eignen. Integrierte Schaltkreise, die ganze 10 : 1- bis 16 : 1-Teiler enthalten oder BCD-zu-7-Segment-Decoder, 4- und 8-Bit-Schieberegister und weitere interessante Typen, werden dafür heute im Amateurbedarfshandel angeboten. »Mitgezogen« hat in dieser vorteilhaften Preisentwicklung auch bereits das Sortiment der ehemals als »schnelle Reihe« bezeichneten Gatterschaltungen der Reihe D 2 C, als Basteltypen »P 2 C« seit 1976 erhältlich. Ein 4fach-NAND vom Typ P 200 C kostet nur noch 3,25 M und ein P 230 C, also ein NAND mit 8 Eingängen, sogar nur 1,20 M! Der Einsatzbereich dieser »niedrigintegrierten« Schaltkreise (»IG 1« 1. Integrationsgrad, bis 10 »Elemente«, also Gatter o. ä., englisch: SSI) hat sich dagegen im Unterschied zur Lage von 1974 auch beim Amateur verschoben. Geblieben ist zwar die (zunehmende!) Verwendung einfacher Digitalschaltkreise in kleinen Einheiten, oft in Verbindung mit Transistoren. Kaum jemand wird jedoch heute noch 10 : 1-Teiler oder gar BCD-zu-7-Segment-Decoder aus Gattern zusammensetzen – es sei denn, er will sich in der Arbeitsgemeinschaft oder zu Hause in die Grundlagen der Digitaltechnik einarbeiten. Insofern haben sich auch die bereits im Bauplan Nr. 29 angebotenen Leiterbilder für den Aufbau typischer Grundschaltungen mit TTL-Gattern in Sinn und Einsatz verschoben. Im Vordergrund dürfte die Steckbarkeit (nur) noch dort stehen, wo eben solche Grundlagen entworfen werden, also z. B. in Arbeitsgemeinschaften. Alle anderen Interessenten werden – schon vom heute extrem niedrigen Preis besonders der P-2-C-Reihe her – ein Sortiment dieser Leiterplatten mit Drähten zur schnellen Kombination mit anderen Schaltungsteilen zur Verfügung haben, um hier einen Schmitt-Trigger, dort einen monostabilen Multivibrator oder in jener Aufgabe einen Teiler 4 : 1 ohne großen Aufwand an Entwurfsarbeit einfügen zu können. Damit soll ausgedrückt werden: »SSI«-Schaltkreise sind durch »MSI«-Typen (»IG 2«, 2. Integrationsgrad, 11 bis 100 »Elemente«), etwa P 192 C oder P 195 C, durchaus nicht überflüssig geworden. Nur: Statt stets unter oft großem Aufwand jede Digitalaufgabe mit Einzelgattern zu realisieren, bedient sich auch der Amateur heute der MSI-Schaltkreise, wo immer es geht. (Selbstverständlich wird auch die Angebotslage bei der optimalen Entscheidungsfindung eine Rolle spielen!) NAND's, NOR's, Flip-Flop und sonstige SSI-Schaltkreise sind jedoch noch unentbehrliche Hilfen für die Ansteuerung und Verknüpfung der MSI-Schaltkreise. Ihre Bedeutung hat damit eher zugenommen, denn der Bedarf an all diesen Schaltkreisen erhöhte sich sprunghaft seit dem konsequenten Schritt der Preisbildung für die Amateurreihe der P-Schaltkreise. Schließlich aber ergibt sich zukünftig (neben dem naheliegenden und attraktiver gewordenen Objekt »Digitaluhr«) ein Spektrum von Anwendungen, die (meist) beide Ebenen erfordern und im Zeitalter des nun schon »klassischen« Transistors aus Aufwandsgründen utopisch erschienen. Welche oft unkonventionellen Lösungen dabei, je nach Wahl der Informationsausgabe-Elemente, möglich sind, davon bot bereits der vorige Bauplan (»Ziffernröhren-Mosaik«) eine Kostprobe in Form des mit Schieberegistern P 195 C bestückten elektronischen »Würfels« mit Ziffernausgabe durch eine Z 570 M, ohne daß irgendein zusätzlicher Decoder erforderlich gewesen wäre.

Verständlich bleibt, daß der Großteil der Amateure zunächst dennoch sein Interesse auf dekadische und binäre Zähler (also den P 192 C und den P 193 C) sowie auf Decoder vom Typ P 147 C konzentrieren wird und daß außerdem ein großer Bedarf auch an P 174 C und ähnlichem besteht. Das kann zu »Scheinengpässen« führen, bis »Nachschub« kommt. Daher werden im vorliegenden Bauplan aus dem verfügbaren Sortiment der bipolaren digitalen TTL-Schaltkreise (MOS-Typen bleiben also ausgeklammert) vorrangig die leicht erhältlichen Typen P 200 C bis P 230 C, die sich in den Beispielen selbstverständlich auch durch die Typen des »Bastelbeutels 8« der D-10-Reihe (IS 1 bis IS 4) austauschen lassen, sowie einige MSI-Typen behandelt. Aus Platzgründen muß all das jedoch relativ konzentriert geschehen, denn der Handel bietet mit diesen (digitalen) Amateurschaltkreisen ein

recht umfangreiches Sortiment, und die Informationen zu ihnen sind meist nur unvollständig erhältlich. Der vorliegende Bauplan schließt in seinem ersten Teil diese Lücke. Daten und Anschlußbilder aller ab 1977 (Manuskripterarbeitung) verfügbaren P-Schaltkreise sind damit jedem Interessenten zugänglich und als »Standardinformation« über dieses Sortiment auch für die leider nicht immer mit jedem Bauplan belieferten Einzelhandelsgeschäfte gedacht. Auf der verbleibenden Fläche wird ein »Konzentrat« von Einsatzbeispielen geboten. Ungleich mehr dürfte parallel dazu in der Fachpresse erscheinen, sozusagen als Reaktion der Anwender auf die neue Vielfalt der gebotenen Voraussetzungen. Weiterführende Literatur steht außerdem am Ende dieses Bauplans, und in später folgenden Plänen wird diese Thematik ebenfalls fortgesetzt.

2. Amateurschaltkreise mit kleinem Integrationsgrad

2.1. Übersicht

Das Anschlußbild ist eine der wichtigsten Informationen über einen integrierten Schaltkreis. Die Kenntnis der Einzelheiten des Innern tritt immer mehr hinter der Frage zurück, welche Reaktion an den Ausgängen (zu einem bestimmten Zeitpunkt bei »sequentiellen«, sofort bei einfachen, »kombinatorischen« Verknüpfungen) zu erwarten ist, wenn den Eingängen bestimmte Informationen zugeführt werden. Auch beim Transistor ist heute das Innere nur noch insofern von Interesse, als sich daraus seine Daten ableiten! Das ist also die 2. wichtige Frage, die man angesichts eines Schaltkreises zu stellen hat. Beides bietet der vorliegende Bauplan in konsequenter Form. Je nach Elementdichte und Verknüpfungen gibt es dabei Übergänge in der Darstellung. Bei den in Bild 1 zusammengestellten Anschlußbildern ist zu beachten, daß die Darstellung stets mit Blick auf die Oberseite erfolgt, im Unterschied zu der z. B. bei Transistoren oder Röhren üblichen Weise. Das hat praktische Gründe und muß vom Amateur beim Leiterbildentwurf berücksichtigt werden. (Empfehlung: Transparentpapier benutzen!) In dieser Darstellung ist die Typkennzeichnung lagerichtig lesbar. Die Innenschaltung je Schaltkreis wurde in Bild 1 jeweils nur für ein Funktionselement dargestellt. Das bedeutet z. B. beim Typ P 204 C, daß die dargestellte Innenschaltung im Schaltkreis 6mal vorhanden ist. Der P 204 C enthält aber insgesamt an Bauelementefunktionen 30 Transistoren, 30 Widerstände und 6 Dioden! Die in den Innenschaltungen angegebenen Widerstandswerte sind Nennwerte und damit unverbindlich, da die Hersteller der Schaltkreise nur die für den Schaltkreistyp gültigen Betriebswerte und statischen Kennwerte für Eingangs- und Ausgangsgrößen sowie die Grenzwerte der Belastbarkeiten der Schaltkreise garantieren. Die Innenschaltungen sind also nur zu informativen Zwecken angegeben, bei höher integrierten Typen wird sogar darauf verzichtet.
Bei der Darstellung der Logiksymbole ergab sich ein Problem. Einerseits enthält die bisherige Literatur teilweise noch die Halbkreissymbole für Gatter usw. Andererseits ist TGL 16056 inzwischen verbindlich geworden. Als Übergangshilfe wurden daher in Spalte 4 von Bild 2 über den neuen die entsprechenden alten Symbole eingetragen, so daß zusammen mit Bild 1 das Verständnis in dieser Übergangsphase gewahrt bleibt, ohne daß besonders der Anfänger zu sehr verwirrt wird.
Die Anschlußkurzzeichen haben folgende Bedeutung:
Bei Gattern und Invertern

A, B, C, D, E, F, G, H	Eingänge (Dateneingänge)
Y	Ausgang
M	Masse (entspricht Minuspol der Betriebsspannung)
U_S	Betriebsspannung (Pluspol)
Bei Flip-Flop	
J1, J2, J3	J-Eingänge des Master-Slave-Flip-Flop
K1, K2, K3	K-Eingänge des Master-Slave-Flip-Flop
D	Dateneingang
R	Löscheingang (»Rücksetzen«)
S	Setzeingang
T	Takteingang
Q	Ausgang
$\bar{Q}$	Invertierter Ausgang
M	Masse (Minuspol der Betriebsspannung)
U_S	Betriebsspannung (Pluspol)

Beispiele: Bei Typ P 200 C bedeutet Anschluß 3B Eingang B des 3. Gatters; bei Typ P 274 C bedeutet Anschluß $2\bar{Q}$ invertierter Standardausgang des 2. D-Flip-Flop.

2.2. Technische Daten der Amateurschaltkreise mit kleinem Integrationsgrad

Die technischen Daten der Schaltkreise nach Bild 1 wurden in Tabelle 1 und Tabelle 2 zusammengefaßt.

2.3. Logische Grundschaltungen

2.3.1. Allgemeines

Alle in diesem Bauplan beschriebenen Schaltkreise enthalten eine mehr oder weniger große Anzahl von logischen Grundschaltungen, zum überwiegenden Teil NAND-Gatter. Aus NAND-Gattern können eine Vielzahl für den Amateur interessanter Schaltungen aufgebaut werden. Sie seien daher im folgenden etwas näher erläutert.
Alle beschriebenen Schaltkreistypen sind Schaltkreise in Transistor-Transistor-Logik (TTL), für die gemäß der Boole'schen Algebra (Schaltalgebra) 2 Schaltzustände festgelegt sind:
L: niedriger Spannungswert (englisch: Low)
H: hoher Spannungswert (englisch: High)
In Bild 2 wurden die logischen Grundschaltungen (Spalte 1) mit Funktionstabelle (Spalte 2), logischer Funktion (Spalte 3), Logiksymbol (alt und nach TGL 16056, Spalte 4) und einer äquivalenten Schaltung unter Benutzung von NAND-Gliedern (Spalte 5) dargestellt.

2.3.2. NAND-Gatter

Es gibt NAND-Gatter mit 2, 3, 4 oder 8 Eingängen. In je einem 14poligen Gehäuse ließen sich so folgende Typen unterbringen:
P 200 C (4 NAND-Gatter mit je 2 Eingängen)
P 210 C (3 NAND-Gatter mit je 3 Eingängen)
P 220 C (2 NAND-Gatter mit je 4 Eingängen)
P 230 C (1 NAND-Gatter mit 8 Eingängen)
Diese Typen unterscheiden sich in ihrem Aufbau lediglich durch die Anzahl der in einem Schaltkreis enthaltenen NAND-Gatter. Im übrigen sind die Ein- und Ausgangsgrößen der NAND-Gatter praktisch gleichwertig. Das gilt auch für den Ausgangslastfaktor N_O, eine wichtige Kenngröße digitaler Schaltkreise. N_O gibt an, wieviel Eingänge der gleichen Typenreihe maximal an einen Ausgang angeschaltet werden dürfen. Bei den genannten Typen beträgt $N_O = 10$. Der Typ P 240 C dagegen, der dem Typ P 220 C ähnlich ist, hat auf Grund seiner Leistungsausgänge einen Ausgangslastfaktor von $N_O = 30$.
Obwohl der P 201 C das gleiche Logiksymbol hat wie der P 200 C, unterscheiden sich beide in der Innenschaltung. Der P 201 C hat Ausgangstransistoren mit offenen Kollektoren. Dadurch besteht die Möglichkeit, mehrere Ausgänge zusammenzuschalten und ihnen einen gemeinsamen Lastwiderstand zuzuordnen.
Die Wirkungsweise eines NAND-Gatters soll an einem Element des Typs P 200 C erklärt werden (Bild 3, technische Daten lt. Abschn. 2.5.).
Liegt an beiden Eingängen A und B gleichzeitig die Spannung U_{IH} an, so wird der Transistor T1 invers betrieben (d. h., über R1 und die Basis-Kollektor-Strecke von T1 fließt Basisstrom in T2); die Transistoren T2 und (damit auch) T3 sind leitend. Nur in diesem Fall liegt am Kollektor von T3 (Ausgang Y) die Spannung U_{OL}, und von der Lastschaltung her (!) kann ein Strom I_{OL} in den Schaltkreis hineinfließen! Liegt dagegen mindestens an einem der Eingänge (A oder B) die Spannung U_{IL} an, so sind die Transistoren T2 und T3 gesperrt, T4 erhält über den Widerstand R2 Basisstrom, so daß T4 und T5 leitend werden. Gleichzeitig fließt die in der Basis von T2 gespeicherte Ladung niederohmig

über die Kollektor-Emitter-Strecke von T1 ab. Am Ausgang Y steht die Spannung U_{OH}, und die Lastschaltung kann aus dem Schaltkreis mit dem Strom I_{OH} gespeist werden. (Lt. Definition sind alle aus dem Schaltkreis herausfließenden Ströme mit negativem Vorzeichen versehen.)

Außer den beiden beschriebenen logischen Zuständen L und H am Ausgang gibt es noch ein typisches Übergangsverhalten der Schaltung, das in Bild 4 dargestellt ist. Der Knick zwischen etwa $U_I = 0,5$ V bis 1,2 V ergibt sich durch die Stromübernahme des Basisstroms von T4 durch den Kollektor von T2, wobei T3 noch nicht leitet. Erst dann, wenn U_I weiter erhöht wird, kommt T3 in den leitenden Zustand und erreicht bei etwa 1,5 V die Sättigung. Praktisch wird diese Kurve auf Grund der erforderlichen geringen Anstiegs- und Abfallzeiten der Eingangssignale und der geringen gespeicherten Ladungen im Schaltkreis in einer sehr kurzen Zeit durchlaufen. Durch den in TTL-Schaltkreisen häufig eingesetzten Vielfachemittertransistor ergeben sich relativ kurze Schaltzeiten der Schaltungen und rückwirkungsarme Verknüpfungen der Schaltkreiseingänge.
Die integrierten Eingangsdioden verbessern die Eingangscharakteristik beim Auftreten negativer Eingangssignale. Der Inverter vom Typ P 204 C hat praktisch die gleiche Wirkungsweise wie eine NAND-Schaltung, mit dem Unterschied, daß der Eingangstransistor nur einen einzigen Emitter hat. Die Funktion der übrigen NAND-Schaltkreistypen kann der Leser nun aus den vorangegangenen Erläuterungen leicht ableiten, wenn er bedenkt, daß der Fall U_{OL} am Ausgang nur dann eintritt, wenn alle Eingänge gleichzeitig auf U_{IH} liegen.

2.4. Spezielle Gatter

Der Schaltkreis P 251 C hat 2 gleiche Elemente, die aus 2 AND-Gattern mit je 2 Eingängen bestehen. Ihre Ausgänge liegen getrennt an einem NOR-Gatter. Der Schaltkreis P 254 C enthält 3 AND-Gatter mit je 2 Eingängen und 1 AND-Gatter mit 3 Eingängen. Alle 4 Ausgänge der AND-Gatter liegen getrennt an einem NOR-Gatter.
Die Funktionstabellen und damit die Besonderheiten der Anwendung dieser Typen kann man sich selbst aus Bild 2 ableiten. Allerdings ergibt sich auf Grund der höheren Anzahl der Eingänge eine Vielzahl von Varianten.

2.5. Flip-Flop (Trigger)

Wesentliche Grundelemente der Digitaltechnik sind die bistabilen Kippschaltungen, die Flip-Flop (Trigger). Bistabil besagt, daß sie am Ausgang 2 unterschiedliche statische Zustände einnehmen können. Flip-Flop sind Grundelemente der Zähl- und Speichertechnik.

2.5.1. J-K-Master-Slave-Flip-Flop P 172 C

Der Schaltkreis P 172 C besteht aus einem Eingabeteil (Master) mit den J- und K-Eingängen für die Informationseingabe und aus einem Ausgabeteil (Slave) mit einem Standardausgang Q und einem invertierten Standardausgang $\bar{Q}$. (Logische Schaltung s. Bild 1.) Beide Teile der Schaltung bestehen aus getakteten R-S-Flip-Flop mit Rückführungen. Die Informationseingabe vom Master- zum Slaveteil wird durch den Taktimpuls an T in mehreren Phasen gesteuert. Für die beiden Zeiten t_n (Zeit vor dem Taktimpuls) und t_{n+1} (Zeit nach dem Taktimpuls) gilt die Funktionstabelle 3a. Da die J- und K-Eingänge durch eine AND-Schaltung verknüpft sind, gelten analog Bild 2 die logischen Funktionen $J = J1 \wedge J2 \wedge J3$ und $K = K1 \wedge K2 \wedge K3$.
$Q(t_n)$ ist der logische Pegel am Ausgang Q vor dem Taktimpuls, $\bar{Q}(t_n)$ der logische Pegel am Ausgang $\bar{Q}$ vor dem Taktimpuls. Der Schaltkreis P 172 C hat außerdem die Setzeingänge R und S, die unabhängig vom Taktimpuls ein bestimmtes Setzen der Ausgänge ermöglichen:
L-Signal an S bringt den Ausgang Q auf H bzw. den Ausgang $\bar{Q}$ auf L;
L-Signal an R bringt den Ausgang $\bar{Q}$ auf H bzw. den Ausgang Q auf L.
Aus der Funktionstabelle des P 172 C ist erkennbar, daß bei J = K = H durch jeden Taktimpuls abwechselnd das logische Niveau der Ausgänge geändert wird. Dadurch ergibt sich ein Frequenzteiler 2 : 1 ohne äußere Bauelemente.

2.5.2. Zweifach-D-Flip-Flop P 174 C und P 274 C

Diese beiden Schaltkreise bestehen jeweils aus 2 gleichen taktflankengetriggerten D-Flip-Flop. Die logische Schaltung eines D-Flip-Flop wurde bereits in Bild 1 wiedergegeben. Beide Typen sind in ihrer Funktion und in der Anschlußbelegung völlig gleich und unterscheiden sich nur geringfügig im inneren Aufbau. Der wesentlichste Unterschied liegt in der maximalen Taktfrequenz. Während der P 174 C typisch bis etwa 20 MHz zu verwenden ist, liegt dieser Wert beim P 274 C bei 45 MHz. Schaltungstechnisch hat der P 174 C TTL-Standardausgänge und der P 274 C die leistungsfähigeren Ausgänge z. B. des P 200 C.
Durch jede positive Flanke des Taktimpulses wird die am Eingang D bereits anliegende Information (L oder H) in das Flip-Flop eingespeichert und erscheint erst mit der positiven Flanke des nachfolgenden Taktimpulses am Ausgang Q, ohne Veränderung des ursprünglich am Eingang D anliegenden logischen Pegels. Auf Grund dieser Eigenschaften nennt man diese Flip-Flop, die unter anderem in Ringzählern und Schieberegistern verwendet werden, auch Verzögerungs- oder Speicher-Flip-Flop. Am Ausgang $\bar{Q}$ läßt sich ein invertiertes Signal entnehmen. Für den D-Flip-Flop gilt damit die Funktionstabelle 3b. In ihr ist $Q(t_n)$ der logische Pegel an Q vor Beginn der 1. positiven Taktflanke und $Q(t_{n+1})$ der logische Pegel an Q nach der 2. positiven Taktflanke. Außerdem hat der D-Flip-Flop noch 2 vom Taktimpuls unabhängige Setzeingänge. Mit einer negativen Flanke (Impulsabfall) an S kann Q auf H gesetzt werden, während eine negative Flanke an R Q auf L setzt.

3. Digitale bipolare Amateurschaltkreise mit mittlerem Integrationsgrad

3.1. Übersicht

Noch stärker als bei den »SSI«-Schaltkreisen nach Abschnitt 2. tritt bei ihren »größeren Brüdern«, den Schaltkreisen mit mittlerem Integrationsgrad, das Einzelelement bei Darstellung und Verständnis in den Hintergrund. Anschlußbild und Funktionstabelle sind neben den Kenndaten die für den Einsatz im allgemeinen ausreichenden Informationen. Bild 5 faßt diese Schaltkreise, soweit sie bei Manuskriptabschluß als Amateurtypen vorlagen, zusammen.

3.2. Technische Daten

Infolge ihres gegenüber Abschnitt 2. größeren Umfangs wurden diese technischen Daten etwas anders geordnet. Tabelle 4 enthält die absoluten Grenzwerte und die Betriebswerte, während aus Tabelle 5 die statischen Kennwerte hervorgehen. Tabelle 6 gibt über die Informationskennwerte Auskunft. Diese Tabelle ist z. B. für die Abschätzung des Strombedarfs einer Schaltung von Nutzen.

3.3. 2-Kanal-Leseverstärker P 122 C

Der Schaltkreis P 122 C ist – im Gegensatz zu allen übrigen in diesem Bauplan beschriebenen Typen – eingangsseitig ein analoger Schaltkreis, ausgangsseitig jedoch wieder in digitaler Schaltungstechnik aufgebaut (Bild 6). Er hat 2 Lesekanäle (A und B) in Form von Differenzverstärkern. Auch die beiden Referenzeingänge sind mit einem Differenzverstärker verbunden. Durch Variation der Referenzspannung kann die Ansprechschwellspannung der Lesekanäle eingestellt werden. Alle diese Spannungen liegen im Millivoltbereich, bieten also zahlreiche Möglichkeiten der Pegelumsetzung. Durch die Eingänge S_A und S_B läßt sich der gewünschte Lesekanal wählen. Mit dem Gate-Eingang G kann man den gewählten Lesekanal von außen sperren. Die Logikpegel des P 122 C gehen aus Tabelle 7a hervor. Je nach Kanal gilt dabei $\pm U_{ID} = U_{A1} - U_{A2}$ oder $\pm U_{ID} = U_{B1} - U_{B2}$.
Nimmt die Differenzspannung U_{ID} an einem der beiden Lesekanäle gleichzeitig mit dem zugehörigen Strobe-Eingang den Logikpegel H an, so wird der Ausgang Y auf L geschaltet, d. h., der Ausgangstransistor leitet. Man beachte, daß der im Schaltkreis integrierte Widerstand R_L getrennt herausgeführt, also innen nicht mit dem Ausgang Y verbunden ist! Um Schwingneigungen zu vermeiden, muß an

den Ausgang C_{ext} ein Kondensator von 100 pF gegen Masse geschaltet werden. Offene Eingänge der beiden Lesekanäle sind unzulässig. Die Eingänge S_A, S_B und G muß man entsprechend der Funktionstabelle (Tabelle 7b) an den jeweiligen logischen Pegel legen.

3.4. BCD-zu-7-Segment-Decoder P 147 C

Der Schaltkreis P 147 C setzt BCD-codierte Signale an seinen 4 Eingängen A bis D in den 7-Segment-Code an den Ausgängen a bis g um. Er ist damit in erster Linie für den Anschluß von 7-Segment-Anzeigen mit gemeinsamer Anode geeignet, z. B. für den Typ VQB 71 des VEB WF (vgl. Bauplan Nr. 33!). Dadurch können die Ausgangssignale der Schaltkreistypen P 192 C oder P 193 C als Ziffer oder Zeichen dargestellt werden (Bild 7). (Die Größe der Strombegrenzungswiderstände R_V hängt von den technischen Parametern des verwendeten Anzeigeelements ab; außerdem ist es in vielen Fällen möglich, dessen zulässige Ströme bei kleineren Umgebungshelligkeiten noch erheblich zu unterschreiten. Man sollte daher R_V dem Anwendungsfall anpassen; Größenordnung: 150 Ω bei VQB 71 und 5 V.) Tabelle 8 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Eingangssignal P 147 C und der Darstellung an einem 7-Segment-Anzeigebauelement. Zur Darstellung der Ziffern 0 bis 9 werden jedoch nicht alle Kombinationen benötigt, die mit den 4 Eingangsvariablen an den Eingängen A bis D des P 147 C möglich sind. Der Schaltkreis P 147 C hat außerdem 3 Anschlüsse für Sonderfunktionen:
Lampentest (LT): Am Anschluß LT muß im Normalfall Pegel H anliegen. Bei Pegel L leuchten, unabhängig vom Zustand an den Eingängen A bis D, zu Prüfzwecken alle 7 Segmente der Anzeige. (Das gilt nicht, wenn am Anschluß BI Pegel L anliegt!)
Dunkelsteuerung der Anzeige: Der Anschluß BI/RBO kann sowohl als Eingang BI als auch als Ausgang RBO benutzt werden. Ein Pegel L an BI bewirkt, unabhängig vom Zustand an den Eingängen A bis D, eine Dunkelsteuerung der Anzeige mit Vorrang vor dem Pegel an LT.
Dunkelsteuerung der Null: Liegt gleichzeitig mit einer Ziffer 0 an den Eingängen A bis D (d. h., $A = B = C = D \triangleq$ Pegel L) ein Pegel L an RBI, so wird die Null nicht angezeigt. Der Ausgang RBO nimmt auch Pegel L an.
Die Anschlüsse RBI und RBO werden in Verbindung mit einer Steuerlogik zur Dunkelsteuerung von Führungsnullen mehrstelliger Anzeigen benutzt.

3.5. 16-Bit-Speicher (RAM) P 181 C

Der P 181 C ist ein Schreib-/Lesespeicher, der im wesentlichen aus 16 Speicher-Flip-Flop (in einer 4 × 4-Matrix) und 2 Schreib-/Leseverstärkern aufgebaut ist. Jedes Flip-Flop stellt einen der 16 möglichen Speicherplätze dar. 4 X- und 4 Y-Adreßlinien gestatten eine 16 × 1 Bit-Adressierung. An den nichtadressierten Eingängen sowie an den Schreibeingängen W0 und W1 muß beim Lesen des Speichers L-Eingangsspannung stehen, während die gewählten Adreßlinien beim Lesen auf H-Eingangsspannung liegen müssen. War das adressierte Speicher-Flip-Flop gesetzt, so wird der Ausgangstransistor des Leseverstärkers 1 (die Ausgangstransistoren der Leseverstärker haben offene Kollektoren!) am Ausgang S1 durchgesteuert. Anderenfalls geschieht das mit dem Leseverstärker am Ausgang S0 (s. Tabelle 9).
Zum Setzen eines Speicher-Flip-Flop muß an den zugehörigen Adreßeingängen und am Schreibverstärkereingang W1 H-Eingangsspannung liegen, während der Schreibverstärkereingang W0 L-Eingangsspannung erhalten muß.
Zum Löschen eines Speicher-Flip-Flop erhält der Schreibverstärkereingang W1 L-Eingangsspannung, während an W0 H-Eingangsspannung gelegt wird. Da Lesen und Schreiben auf gleichen Leitungswegen erfolgen, kann man beim Schreiben nicht gleichzeitig lesen. Die gespeicherte Information läßt sich beliebig oft lesen, geht jedoch beim Abschalten der Betriebsspannung verloren.
Nach Ablauf des Schreibimpulses (Schreibbefehls) erscheint die eingeschriebene Information am Leseausgang, sofern die Adresse aufgerufen bleibt. Durch Zusammenschaltung mehrerer P 181 C können schnelle, direktadressierbare Speicher höherer Kapazität zu gewünschter Matrizengröße zusammengeschaltet werden.

3.6. Schieberegister

3.6.1. 8-Bit-Schieberegister P 191 C

Der Schaltkreis P 191 C ist ein 8-Bit-Schieberegister für serielle Datenein- und -ausgabe und besteht im wesentlichen aus 8 RS-Master-Slave-Flip-Flop. Die Eingangsinformation liegt an den beiden Eingängen A und B eines Eingangs-NAND-Gatters an, dessen Ausgang einerseits direkt und zum anderen über einen internen Inverter das erste Flip-Flop ansteuert. Mit der negativen Flanke des Taktimpulses wird die Eingangsinformation in dieses erste Flip-Flop übernommen, und mit der positiven Flanke (Rückflanke) des Impulses erscheint diese Information am internen Ausgang des ersten Flip-Flop. Durch jeden Taktimpuls wird die Information um ein Flip-Flop weiter verschoben und erscheint nach 8 Taktimpulsen an den Ausgängen Q bzw. $\bar{Q}$ des Schieberegisters (s. Tabelle 10). Neben seiner eigentlichen Funktion als serielles Schieberegister kann der P 191 C unter anderem als Schieberegisterzähler, als Frequenzteiler sowie allgemein zur Verzögerung und Speicherung von Daten verwendet werden.

3.6.2. 4-Bit-Links-Rechts-Schieberegister P 195 C

Der Schaltkreis P 195 C ist ein 4-Bit-Links-Rechts-Schieberegister zur Verwendung für serielle oder parallele Datenein- und -ausgabe. Der Schaltkreis besteht aus 4 RS-Master-Slave-Flip-Flop mit einer für den universellen Einsatz erforderlichen Ansteuerelektronik. Folgende 3 Hauptanwendungen sind möglich:
a) Serielle Dateneingabe, Rechtsschieben
Dateneingang: ES; Takteingang: T1; Datenausgang: QD.
Am Steuereingang MC liegt Pegel L, wodurch die Eingänge A bis D und der Takteingang T2 verriegelt sind.
Die Eingangsinformation wird während der negativen Taktflanken übertragen und erscheint nach 4 Taktimpulsen am Ausgang QD.
b) Serielle Dateneingabe, Linksschieben
Dateneingang: D; Takteingang: T2; Datenausgang: QA.
In diesem Falle ist der Ausgang QD mit Eingang C, QC mit B und QB mit A zu verbinden. Am Steuereingang MC liegt H-Pegel. Nach 4 Taktimpulsen erscheint die Eingangsinformation an QA.
c) Parallele Dateneingabe
Eingänge: A bis D; Takteingang: T2; Ausgänge: QA bis QD.
Am Steuereingang MC liegt H-Pegel, wodurch der Takteingang T1 und der Eingang ES verriegelt werden. Die Eingangsinformation muß vor dem Taktimpuls am Flip-Flop anliegen.
Allgemeiner Hinweis: Da der jeweils nicht benutzte Takteingang durch das Signal am Steuereingang MC verriegelt ist, kann man beide Takteingänge verbinden, wenn z. B. beide Schieberichtungen benötigt werden!
Der P 195 C kann für Schieberegister, Schieberegisterzähler, Frequenzteiler, Parallel-Serien- und Serien-Parallel-Wandler, Mehrphasentakt- oder Pseudozufallsgeneratoren sowie allgemein zur Verzögerung und Speicherung von Daten verwendet werden. Er eignet sich im Parallel-Daten-Betrieb auch als Zwischenspeicher zwischen P 192 C/193 C und P 147 C bei der flimmerfreien Anzeige in Zählern und Digitalvoltmetern. Ein solcher Einsatz wird voraussichtlich demnächst in der Bauplanreihe beschrieben.

3.7. Synchrone Vor-/Rückwärts-Zähler P 192 C und P 193 C

Beide Schaltkreistypen sind synchrone Vor-/Rückwärtszähler, die zur Speicherung des Zählerstandes 4 J-K-Flip-Flop enthalten. Der Unterschied zwischen beiden Typen besteht im Zählbereich. Der Dezimalzähler P 192 C (BCD-codiert) hat einen Zählbereich 0 bis 9, während der Zählbereich des Binärzählers P 193 C (Dualkode 1-2-4-8) 0 bis 15 beträgt. Die Beschreibung der Funktion der Ein- und Ausgänge gilt für beide Typen gleichermaßen.

3.7.1. Zählen

Jeder Schaltkreis hat für Vorwärts- und Rückwärtszählen getrennte Eingänge, wobei grundsätzlich (!) jeweils nur einer von beiden Eingängen gleichzeitig Zählimpulse erhalten darf. Im Ruhezustand muß an beiden Zähleingängen (ZV und ZR) H-Eingangsspannung anliegen. Durch jeden negativen Zählimpuls, der kurzzeitig an einem Zähleingang L-Eingangsspannung hervorrufen kann, wird der Zählerstand entsprechend der Zählschrittfolge und der Zählrichtung (vorwärts und rückwärts) um eine Ziffer verändert. Die Vorderflanke des Zählimpulses (Sprung von H nach L) bewirkt zunächst das Einspeichern des neuen Zählerstandes in den Masterteil eines jeden J-K-Flip-Flop, während infolge der Rückflanke des Zählimpulses (Sprung von L nach H) der neue Zählerstand an den Ausgängen Q_A, Q_B, Q_C und Q_D in codierter Form gemäß Tabelle »Zählschrittfolge« erscheint. (Durch eine entsprechende Decodierschaltung und ein Anzeigebauelement kann der Zählerstand sichtbar gemacht werden, z. B. gemäß Bild 7 mit dem Schaltkreis P 147 C und einer VQB 71 o. ä.)
Außerdem hat jeder Schaltkreis 2 Ausgänge für Übertragsignale, und zwar für Übertrag beim Vorwärtszählen den Ausgang ÜV und für Übertrag beim Rückwärtszählen den Ausgang ÜR. Die negativen Übertragsignale liegen nur während der Impulsdauer desjenigen Zählimpulses an den Übertragausgängen an, der den Übertrag bewirkt. Durch die Übertragausgänge ist es möglich, höherstellige Zähler durch Zusammenschaltung mehrerer Schaltkreise ohne aufwendige externe Netzwerke aufzubauen (z. B. gemäß Bild 8).
Tabelle 11 zeigt die Zählschrittfolge für P 192 C (gilt von 0 bis 9) und für P 193 C (gilt bis 15). Nach 9 bzw. 15 folgt wieder die Konfiguration für 0, je nach Zählertyp.

3.7.2. Rückstellen

Durch einen H-Spannungsimpuls am Eingang R (Rückstellen) wird der Speicherinhalt aller 4 J-K-Flip-Flop gleichzeitig gelöscht und damit der Zähler auf Null zurückgestellt. Das Rückstellsignal hat gegenüber allen anderen gleichzeitig an anderen Eingängen anliegenden Signalen Vorrang!

3.7.3. Voreinstellen

Die Zähler P 192 C und P 193 C haben gegenüber einfacheren Zählerbausteinen noch einen wichtigen Vorzug: Vor Beginn eines Zählvorgangs lassen sich die 4 J-K-Flip-Flop mit jedem möglichen Zählerstand voreinstellen. Dazu erhalten die Dateneingänge A, B, C, D diejenigen Pegel (H oder L), die zu den zugehörigen Ausgängen (A zu Q_A, B zu Q_B usw.) übertragen werden sollen. Ein negativer Spannungsimpuls am Eingang L (Laden) bewirkt mit seiner Vorderflanke (H nach L) das Einspeichern der gewählten Pegel in die den Dateneingängen zugeordneten Flip-Flop, und die Daten erscheinen an den Ausgängen Q_A bis Q_D.
Die Typen P 192 C und P 193 C sind damit sehr vielseitig für Zählschaltungen aller Art, für Frequenzuntersetzer bzw. -teiler usw. anwendbar. Besonders der P 192 C eignet sich vorteilhaft für Digitaluhren. Durch besondere elektronische Schaltungen kann der Zählbereich beider Typen verkürzt werden.

4. Zum Umgang mit bipolaren digitalen Schaltkreisen

4.1. Hinweise zu den technischen Daten

Die angegebenen Grenzwerte dürfen – unter Beachtung aller möglichen Einflußgrößen – nicht überschritten werden. Einzelne Grenzwerte sind auch dann einzuhalten, wenn man andere nicht voll nutzt. Die unter den Grenzwerten aufgeführten Spannungsbereiche dürfen auf keinen Fall – auch nicht kurzzeitig! – überschritten werden. Bei der Schaltungsdimensionierung sind deshalb alle Einflüsse auf die Betriebs- und Signalspannungen (Netzspannungsänderungen, Störspannungen, Lastschwankungen, Temperatureinflüsse usw.) zu berücksichtigen.
Die Grenzwerte sind die vom Hersteller angegebenen möglichen Einflußgrößen, geben jedoch keine

Aussage zur eigentlichen Funktion der Schaltkreise! Demgegenüber ist unter Betriebswerten bei Beachtung der in Abschnitt 4.2. und Abschnitt 4.3. gegebenen Hinweise die ordnungsgemäße Funktion des Schaltkreises gewährleistet. (Ein Betrieb der Schaltkreise außerhalb der Betriebswerte, z. B. bei Spannungen unter 4,75 V, ist in gewissem Maße möglich, wird jedoch vom Hersteller nicht garantiert.)
Die statischen Kennwerte sind typspezifische garantierte Eigenschaften unter festgelegten Meßbedingungen.
Informationskennwerte sind die vom Hersteller des Schaltkreises aus einer großen Anzahl gleichen Typs ermittelten typischen Werte (Mittelwerte) bei Nennbetriebsspannung und bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C. Diese Werte können deshalb von Exemplar zu Exemplar streuen und werden nicht garantiert.

4.2. Hinweise zur Schaltungstechnik

4.2.1. Zusammenschaltung

Der Ausgangslastfaktor N_O, eine für jeden Schaltkreistyp spezifische Größe, bestimmt, wieviel Lasten an einen Schaltkreisausgang angeschlossen werden können. Dabei ist folgendes zu beachten:
– Die äquivalenten Ausgangsströme für $N_O = 1$ sind bei den Typenreihen P 1 . . C und P 2 . . C unterschiedlich, d. h., die Typenreihe P 2 . . C ist bei gleichem N_O um 25 % höher belastbar.
– Die Eingänge R, S und T der Flip-Flop-Typen und die Eingänge des Typs P 240 C stellen bis etwa das 2- bis 3fache einer Eingangslast dar, was bei der Belastung des treibenden Gatters zu berücksichtigen ist.
– Bei Belastung von Gattern und Flip-Flop mit MSI-Amateurschaltkreisen sind die Eingangsströme zu beachten (s. technische Daten). Die Parallelschaltung mehrerer Ausgänge ist nur bei den Typen P 122 C und P 201 C zulässig.

4.2.2. Beschaltung unbenutzter Gatter und unbenutzter Eingänge

Die Eingänge unbenutzter (!) Gatter (oder Inverter) sind an Masse (L) zu legen. Unbenutzte Eingänge von Schaltkreisen sind – entsprechend ihrer logischen Funktion – an L- oder H-Potential zu legen. Unbenutzte Eingänge von benutzten (!) NAND-Gattern können verbunden werden:
– mit benutzten Eingängen desselben Gatters;
– mit dem Ausgang eines unbenutzten Gatters, dessen Eingänge an L-Potential liegen;
– mit einer Spannungsquelle von etwa 3 V oder
– über einen Widerstand $> 1\,k\Omega$ mit U_S.
Unbenutzte J-, K-, R- und S-Eingänge von Flip-Flop sind an ein stabiles H-Potential zu legen. Sie können direkt mit U_S verbunden werden, wenn die Spannung $< 5{,}5$ V ist.

4.2.3. Kurzschließen von Ausgängen

H-Potential führende Ausgänge von Schaltkreisen sollten nicht gegen Masse kurzgeschlossen werden. Nur ein kurzzeitiges Kurzschließen jeweils eines Ausgangs ist im Ausnahmefall zulässig.

4.2.4. Hinweise zur Betriebsspannung (Versorgungsspannung)

Das Netzteil bzw. die Schaltung zur Versorgung der Betriebsspannung sollte einen kleinen statischen und dynamischen Innenwiderstand haben und damit eine stabile Betriebsspannung gewährleisten, da sich beim Umschalten digitaler Schaltkreise (insbesondere bei Gattern) und unter anderem in Abhängigkeit von der Ausgangsbelastung (z. B. beim P 147 C) sowohl statisch als auch dynamisch wesentliche Schwankungen in der Stromaufnahme ergeben. Bei Gattern ist weiterhin zu beachten, daß die Stromaufnahme in Abhängigkeit von der Eingangsfrequenz bei hohen Betriebsfrequenzen um so stärker ansteigt, je höher die kapazitive Belastung der Ausgänge ist.

4.2.5. Dynamische Probleme

Außerordentlich wichtig für eine ordnungsgemäße Funktion von TTL-Schaltkreisen ist die Kenntnis einiger Grundsätze zur Vermeidung dynamischer Probleme. Da eine eingehende Erklärung der Zusammenhänge den Umfang dieses Bauplans sprengen würde, sollen nur einige sinnvolle Maßnahmen kurz aufgeführt werden:

- Alle Zuleitungen zu und auf den Leiterplatten, insbesondere die Masseleitungen, sind möglichst kurz bzw. niederohmig und induktionsarm auszuführen. (Die Masseleitung auf den Leiterplatten ist großflächig zu gestalten.)
- Die Betriebsspannung ist direkt an der Leiterplatte mit einem HF-Kondensator (mindestens 10 nF) und mit einem Elektrolytkondensator (10 µF) abzublocken.
- Die Signalleitungen sind so kurz und kapazitätsarm wie möglich auszuführen. Bei Signalleitungslängen über etwa 0,5 m, auf denen Sprungfunktionen übertragen werden, sind besondere elektrische Maßnahmen erforderlich. (Flip-Flop eignen sich nicht als Leitungstreiber!)
- Die Ausgänge der Schaltkreise sollte man möglichst gering kapazitiv belasten.
- TTL-Schaltkreise stellen zur einwandfreien Funktion besondere Anforderungen an die Anstiegs- und Abfallzeiten der Eingangssignale, damit Schwingungen während des Umschaltvorgangs vermieden werden. Die Anstiegs- und Abfallzeiten sollen möglichst klein sein:
  - $< 1\,\mu s$ bei Gattern und MSI-Schaltkreisen mit Gatterfunktionen (z. B. P 147 C);
  - $< 500\,ns$ bei Master-Slave-Flip-Flop und MSI-Schaltkreisen mit derartigen Schaltungen (z. B. Schieberegister und Zähler);
  - $< 200\,ns$ bei flankengetriggerten Flip-Flop und MSI-Schaltkreisen mit derartigen Flip-Flop (Speicherschaltkreise).

Diese Forderungen sind besonders wichtig, wenn TTL-Schaltkreise von systemfremden Schaltungen angesteuert werden. In diesen Fällen ist unter Umständen ein steilerer Impuls (z. B. durch vorgeschaltete Schmitt-Trigger) erforderlich.

4.3. Einbau

Die Schaltkreise befinden sich in 14- oder 16poligen Keramikgehäusen. Die Anschlüsse liegen im Rastermaß von 2,5 mm und in einem Reihenabstand von 7,5 mm. Mechanische und thermische Überbeanspruchung gefährden den Schaltkreis. Deshalb ist beim Einsetzen des Schaltkreises in Leiterplatten oder Einsteckfassungen vorsichtig vorzugehen. Die Anschlüsse dürfen nicht verbogen oder einer Torsion ausgesetzt werden. Außerdem sind dauernde Zug- oder Druckkräfte unzulässig. Sie sind höchstens bis zur Aufsetzkante in die Bohrungen der Leiterplatte einzusetzen.
Beim Einlöten ist ein Lötkolben mit einer Leistung von 10 bis 20 W zu verwenden, der ordnungsgemäß geerdet ist. Je Anschluß darf nur einige Sekunden lang gelötet werden. Als Flußmittel beim Löten eignet sich Kolophonium. Verunreinigungen vom Lötprozeß beseitigt man mit Spiritus oder Äthanol als Waschmittel. Das Waschmittel darf dabei nur auf die Anschlüsse einwirken. Mehrfaches Ein- und Auslöten ist zu vermeiden. (Beim Auslöten sind nach Möglichkeit alle Anschlüsse gleichzeitig zu erwärmen, wobei schnell gearbeitet werden muß.)

4.4. Experimentierhilfen

Das Endziel jeder Beschäftigung mit integrierten Schaltkreisen wird im allgemeinen der Gebrauchsgegenstand »Gerät« sein. Davor liegt – wenn keine fertige Bauanleitung mit Leiterplatte benutzt wird – jedoch die Phase des Experimentierens. Trotz des begrenzten Platzes folgen dafür einige Tips. Man beachte dazu auch die Hinweise im Buch »Amateurtechnologie«, 2. Auflage 1976!
Im Handel sind Streifen-, Punkt- und andere (z. T. direkt für IS vorgesehene) Universalleiterplatten. Zusammen mit Stecklötösen und verschiedenfarbigen dünnen Litzendrähten kann man auf ihnen zahlreiche Experimente (mit Blick auf die dargestellte Anschlußseite!) durchführen. Noch einen Schritt weiter geht die Experimentierplatte nach Bild 9. Darin sind löt- und steckbare Verbindungen vorgesehen. Zu jedem Schaltkreisanschluß gehören mindestens eine Stecklötöse und ein eingelöteter 1-mm-Stecker (beide z. B. im System »Amateurelektronik« handelsüblich). Verbindungen, die bei

Experimenten öfter verändert werden sollen, erfolgen dann mit der im obengenannten Buch beschriebenen Wendelbuchsenschnur, einer Miniatur-Steckverbindung zum Selbstbau. Falls mehrere Leitungen zu einem Anschluß führen sollen, werden »Mehrfachverbinder« in Form von Lötinselgruppen mit weiteren Steckerstiften und/oder Stecklötösen in der Experimentierplatte vorgesehen. Das Auslöten eines Schaltkreises gelingt, wenn kein Speziallötkolben zum gleichzeitigen Lösen aller Verbindungen vorhanden ist, recht einfach und ohne große Erwärmung des Schaltkreises mit in flüssiges Lötmittel getauchtem Kupfergeflecht-Abschirmschlauch zwischen Lötstelle und Lötkolben (»Lotsauglitze«!). Schaltkreisfassungen schließlich, z. B. aus der ČSSR oder nach dem genannten Buch aus käuflichen Transistorfassungen zusammengesetzt (solange es nichts anderes im Handel gibt), bilden die höchste Stufe auf der variablen Experimentierplatte. Zahlreiche Zwischenstufen bietet aber auch das System »Amateurelektronik«, das seit einiger Zeit bekanntlich Arbeitsgemeinschaften als »Arbeitssatz für praktische Arbeiten Elektronik« über das SKUS Leipzig zur Verfügung steht. Man kann so (vgl. wiederum die »Amateurtechnologie«, 2. Auflage) öfter benötigte Schaltkreiskombinationen steckbar gestalten und »systemintern« zusammenfügen.

5. Experimentierbausteine mit Schaltkreisen kleinen Integrationsgrades

Immer wiederkehrende Grundfunktionen sollte man sich, als selbständige Einheiten steck- oder einlötbar, auf kleinen Leiterplatten zusammengefaßt, ständig bereithalten. Im folgenden dazu einige Empfehlungen einschließlich Leiterplatte im »Amateurelektronik«-Format, wie sie teilweise schon in Bauplan Nr. 29 für die Schaltkreise aus »Bastelbeutel 8« empfohlen worden sind.
Für die Auswahl des Schaltkreises ist meist die Preisgestaltung entscheidend: Wenn z. B. nur 3 Gatter nötig sind, wozu soll dann ein P 200 C für 3,25 M eingesetzt werden, wenn ein P 210 C nur 2,65 M kostet? Die größere Eingangszahl je Gatter ist dabei oft sogar von Vorteil, aber höchst selten (Lastfaktor bei Kombinationen) von Nachteil. In diesem Sinne erfolgten gegenüber Bauplan Nr. 29 einige Änderungen.

5.1. »Prellfreier« Schalter

Wer sich in die Technik digitaler Schaltungen einarbeiten will, möchte gewissermaßen Zeitlupeneffekte erzeugen können. Aber auch bei der Fehlersuche ist ein beliebig langsam von Hand eingebbarer Takt einem Taktgenerator vorzuziehen. Wie aus den allgemeinen Erläuterungen jedoch bereits hervorging, brauchen digitale Schaltkreise relativ »steile« Impulsflanken und reagieren außerdem äußerst schnell. Übliche elektromechanische Kontakte haben aber meist eine in dieser Hinsicht sehr unangenehme Eigenschaft: Nach der ersten Kontaktgabe beim Betätigen federn die beiden Kontaktpunkte wieder kurz auseinander, berühren sich erneut usw., bis das System zur Ruhe kommt. Beim direkten Schalten z. B. einer Lampe merkt man das nicht, denn es ist in Bruchteilen einer Sekunde beendet. Der Schaltkreis reagiert aber auf jeden dieser Schaltimpulse. Abhilfe schafft erst das bewußte Ausnutzen dieser Tatsache. Mit der Schaltung nach Bild 10 läßt sich das System »überlisten«: Das aus 2 Gattern gebildete RS-Flip-Flop reagiert bereits auf die erste Kontaktberührung und kippt durch sie in den entsprechenden stabilen Zustand. Weitere Impulse stören nicht mehr. Rückstellen kann nur erfolgen, wenn der Umschalter auf die andere Seite zurückgeschaltet wird. Wiederum kippt das Flip-Flop bereits beim ersten Impuls und verharrt in diesem Zustand trotz Prellen des Kontakts. Im allgemeinen ist für einen solchen »Hand-Taktgeber« ein Mikrotaster zweckmäßig, der von selbst beim Loslassen in die Ruhelage zurückspringt. Soll dagegen der jeweilige Schaltzustand erhalten bleiben, so ist ein rastender Umschalter nötig. Da nur 2 Gatter gebraucht werden, ist ein P 220 C günstig.

5.2. Taktgeber

Ein P 210 C ist das »Herzstück« eines Taktgebers, dessen Tastverhältnis zwar in der Grundschaltung nicht symmetrisch 1 : 1 beträgt, der dafür aber in der Frequenz über einen großen Bereich hinweg

variiert werden kann, nämlich von weniger als 1 Hz bis zu einigen 100 kHz. Dabei gilt etwa f = 1/2RC. R darf zwischen 300 Ω und etwa 1,5 kΩ liegen. Er beeinflußt mit seinem Wert das Tastverhältnis. Außerdem läßt er sich beliebig starten oder stoppen. Soll der Generator von der zu speisenden Schaltung völlig unabhängig werden, so muß man allerdings auf einen P 200 C übergehen, also ein »Puffer-Gatter« zwischenschalten (Bild 11 entspricht IGB 1 aus Bauplan Nr. 29). Der Baustein wurde so gestaltet, daß sowohl intern auf eine etwa 1 : 4 variable Frequenz eingestellt als auch durch externes Beschalten unterschiedlicher Kapazitätswerte ein großer Frequenzbereich angewählt werden kann. Eine Zusatzkombination von Diode und Potentiometer würde die Einstellung eines Tastverhältnisses von 1 : 1 gestatten, wenn das erforderlich ist (Bild 12). Eine interessante Variante dieses Taktgebers (vor allem, wenn er im Tonfrequenzbereich arbeitet) besteht schließlich in der Schaltung nach Bild 13. Der um den im C-Zweig liegenden Widerstand erweiterte Generator erlaubt es, am bezeichneten Punkt gegen Masse (!) mit externen Widerständen eine Frequenzvariation von mehr als 2 Oktaven zu erreichen. Das eröffnet zahlreiche Möglichkeiten für automatische Melodiegeneratoren und ähnliches, die z. B. von Schieberegistern angesteuert werden (vgl. »radio-fernsehen-elektronik« H. 23/24 (1977), in der einer der Autoren einen solchen Generator beschrieb sowie den im September 1978 erscheinenden Bauplan Nr. 38!).

5.3. Schwellwertschalter

Beim Übergang von »TTL-fremden« Signalquellen auf TTL-Schaltungen besteht nicht nur das bereits beschriebene Problem, daß die TTL-Schaltung z. B. auf Kontaktprellen anspricht. Sehr langsame Spannungsänderungen im »verbotenen« Bereich der Eingangsspannung zwischen den Zuständen L und H führen oft zu nach außen dringenden Störschwingungen in den Gattern. Sauberes Ansprechen auf eine sich langsam ändernde Eingangsspannung, wenn sie den jeweiligen TTL-Pegel erreicht hat, erlauben Schwellwertschalter, die sich ebenfalls aus Gattern realisieren lassen. Bild 14 und Bild 15 zeigen mögliche Ausführungen. Sie wurden teilweise bereits im Bauplan Nr. 29 vorgestellt und haben sich inzwischen vielfach bewährt. Während Bild 14 in 2 Varianten angeboten wird, erkennt man, daß sich Bild 15 praktisch aus dem prellfreien Schalter nach 5.1. ableiten läßt, wenn die zur (meist erwünschten) Vergrößerung der Schalthysterese bzw. zur Beschleunigung des Kippens vorgesehenen Dioden eingefügt werden. Je nach zu erwartendem Ausgangslastfaktor sind diese Schwellwertschalter mit P 220 C oder mit P 210 C zu realisieren, wenn man einerseits alle Gatter und andererseits die Preisgestaltung vorteilhaft ausnutzen will.

5.4. Monostabile Kippschaltungen

Monostabile Kippschaltungen (Monoflops) werden z. B. zur Verbreiterung schmaler Impulse benutzt. Im Ruhezustand führt die Schaltung nach Bild 16 H-Potential. Ein schmaler Eingangsimpuls, der den Eingang wenigstens etwa 50 ns lang auf L-Potential legt, läßt das Monoflop kippen. Am Ausgang erscheint ein um die Haltezeit von etwa 0,8 RC verbreiterter L-Impuls. Randbedingungen: Der Eingangsimpuls muß schmaler als der Ausgangsimpuls sein, und die nächste Ansteuerung kann erst nach einer Erholzeit von mindestens 3 RC erfolgen. R darf zwischen 100 Ω und etwa 700 Ω liegen. Für C zwischen 1 nF und 100 μF ergeben sich Verzögerungszeiten von etwa 0,1 μs bis 50 ms. Auch für eine solche Schaltung enthielt bereits Bauplan Nr. 29 eine Leiterplatte. Wiederum ist zu entscheiden, ob ein P 200 C mit 2 dann unbenutzten Gattern oder (mit Leiterplattengestaltung nach Bild 16b) ein P 220 C mit Preisvorteil eingesetzt werden soll. Die Verzögerungszeit läßt sich bei Bedarf über herausgeführte Anschlüsse zum C durch eine externe Kapazität erhöhen.

5.5. Bistabile Kippschaltungen

Eine einfache bistabile Kippschaltung (Flip-Flop, FF) ist bereits das RS-FF zum Kontaktentprellen in Abschnitt 5.1. Eine Beschaltung mit R und C ergibt nach Bild 17 die oft als Frequenzteiler 2 : 1 benutzte Schaltung, die allerdings relativ störanfällig ist. Andere Flip-Flop, z. B. das JK- und das D-FF, liegen inzwischen als komplette Schaltkreise vor, so daß nur die ebengenannte einfachste Art noch als Leiterplatte vorgegeben werden soll. Gegenüber Bauplan Nr. 29 wurde wiederum auf einen

billigeren Typ umgestellt, daher »BMV 3«. Nach Bild 18 ist auf einem Format von 25 mm × 40 mm auf diese Weise eine wahlweise als 4 : 1- oder als 2 × 2 : 1-Teiler verwendbare Einheit mit einem einzigen P 200 C realisierbar.

5.6. Frequenzteiler mit integrierten Flip-Flop

Die erwähnten kompletten Flip-Flop-Schaltkreise sind ihrerseits ebenfalls Ausgangsbasis für (aus mehreren integrierten Flip-Flop auf einem Chip zusammengesetzte) Frequenzteiler mit größerem Teilerverhältnis, z. B. P 192 C und P 193 C. Zwischen dem mit dem Binärteiler nach 5.5. nur mit externen Bauelementen realisierbaren Verhältnis 2 : 1 (bzw. 4 : 1) und diesen MSI-Kreisen für Teiler bis 10 : 1 bzw. 16 : 1 liegt der sinnvolle Einsatzbereich von integrierten Einzel-Flip-Flop (1 oder 2 FF auf einem Chip, Typen P 172 C, P 174 C, P 274 C). Durch bestimmte Zusammenschaltungen lassen sich mit ihnen Frequenzteiler mit beliebigem Teilerverhältnis von 2 : 1 bis zur gegenwärtig sinnvollen Grenze von 10 : 1 (aber auch darüber hinaus) aufbauen, also z. B. 3 : 1, 4 : 1, 5 : 1 usw. Bild 19 faßt solche Möglichkeiten zusammen, über die teilweise z. B. im Buch von Kühn und Schmied (s. Literatur) ausführlich mit Impulsdiagrammen usw. berichtet wird.
Infolge der besseren Verfügbarkeit der Typen P 174 C und P 274 C sowie auf Grund des Vorteils von 2 Flip-Flop in einem Gehäuse entstanden für den vorliegenden Bauplan die in Bild 19 enthaltenen steckbaren Teiler 3 : 1 und 2 × 2 : 1 (auch als 4 : 1 einsetzbar) mit 1 × P 174 C (P 274 C) auf dem Format 20 mm × 25 mm sowie auf 25 mm × 40 mm der Teiler 10 : 1 (aus 1 × 2 : 1 und 1 × 5 : 1 zusammengesetzt) mit 2 × P 274 C. Man beachte, daß diese Teiler unterschiedliche Tastverhältnisse liefern.

6. Experimente mit MSI-Schaltkreisen

Aus Platzgründen sind auch die folgenden Anregungen relativ knapp gehalten.

6.1. Leuchtdioden und Glühlampen zur Zustandsanzeige

Besonders bei MSI-Schaltkreisexperimenten kann das Verständnis für Abläufe bei der Steuerung z. B. mit einem prellfreien Schalter nach 5.1. im »Zeitlupentempo« wesentlich gefördert werden, wenn an den Ausgängen die Zustandsinformationen mit möglichst wenig Energieaufwand angezeigt werden. Infolge der geringen Belastbarkeit im H-Zustand kommt für das unmittelbare Betreiben von Leuchtdioden nur die L-Richtung in Frage (Bild 20). Für eine VQA 12 genügen meist schon 3 bis 5 mA bei nicht zu heller Umgebung (direktes Sonnenlicht vermeiden). Werden größere Helligkeiten gewünscht, z. B. für ein Lauflicht, so ist ein Transistor erforderlich. Dabei läßt sich dann auch H als hell anzeigen. Bild 20 faßt auch dazu einige Möglichkeiten zusammen.

6.2. P 122 C als Dämmerungsschalter

Der äußerst preisgünstige Leseverstärker P 122 C kann, wie Bild 21 zeigt, »artfremd« unter anderem als recht empfindlicher Dämmerungsschalter eingesetzt werden (Musterempfindlichkeit: 2 lx!). Nachteil: Es sind 2 Betriebsspannungen erforderlich. Sie können im Sinne von Bild 22 aus dem Lichtnetz oder aus einer 12-V-Kfz-Batterie gewonnen werden. Für den Ausgang wählt man am besten nach 6.1. eine geeignete Lampentreiberschaltung aus. Statt der Lampe hinter dem Transistor ist auch ein Relais oder ein Leistungstransistor möglich. Durch die eingefügte Rückführung hat der Verstärker Schaltverhalten. Weitere Informationen siehe »radio-fernsehen-elektronik« H. 12/77, S. 415.

6.3. P 191 C als Frequenzteiler

Das 8-Bit-Schieberegister P 191 C eignet sich unter anderem als Frequenzteiler 16 : 1, wenn die zu teilende Frequenz als Takt eingespeist wird. 2 P 191 C, von denen der Ausgang des ersten den

Takt für den zweiten liefert, ergeben damit ein Teilerverhältnis von 256:1 (Bild 23). Diese Einheit gestattet es z. B. – praktisch ohne zusätzliche Bauelemente wie große Kondensatoren u. ä. –, aus der Netzfrequenz eine langsame Blinkfrequenz von etwa 5 s Periodendauer (2,5 s ein, 2,5 s aus) zu gewinnen. Von größter Bedeutung ist dabei die erforderliche Ansteuerflankensteilheit (s. technische Daten!). Sie läßt sich z. B. mit einem Schmitt-Trigger nach Bild 14 realisieren. Größere Schaltzeiten erhält man, wenn statt der Netzfrequenz und ohne den Schmitt-Trigger ein Taktgeber nach Bild 11 mit größerem C-Wert benutzt wird. Soll ein definierter Anfangszustand erreicht werden, so empfiehlt sich ein kurzzeitiges Anschalten des Takteingangs von Register 2 (prellfrei, also über Gatter!) an den Eingangstakt. Damit wird auch Register 2 sehr schnell »ausgeräumt«, wenn die Schaltung, an Betriebsspannung angelegt, zunächst einen undefinierten Anfangszustand eingenommen hat. Diese Ergänzung – erweiterbar auf weitere Registerstufen – ist in Bild 23 bereits enthalten.

6.4. P 195 C als »Leuchtpunktumlauf«

Von der Schaltung nach 6.3. gesteuert oder auch aus einem eigenen Taktgenerator (z. B. nach Abschnitt 5.) versorgt, können ein oder zwei 4-Bit-Schieberegister z. B. für dekorative Zwecke einen wandernden Leuchtpunkt erzeugen. Die Schaltung nach Bild 24 ist für 2 × P 195 C optimal ausgelegt, da dann der zur Verknüpfung der Ausgänge nötige P 230 C maximal genutzt werden kann. Dieses Prinzip wurde bereits für den elektronischen Würfel im Bauplan Nr. 36 benutzt, dort aber zur Ansteuerung einer Ziffernanzeigeröhre über spannungsfeste Transistoren. Im vorliegenden Fall werden für kleinere Einheiten Leuchtdioden benutzt. Bei größeren gewünschten Lampenleistungen, gemäß den Prinzipien von Abschnitt 6.1., sind Transistoren bzw. Transistorkombinationen erforderlich, die auch die auftretenden Lampen-Kaltstromstöße aufnehmen können. Beispiel: GD 160 eignet sich für Kaltstromstöße bis 3 A, also z. B. für 12 V/5 W-Kfz-Lampen. Je nach Transistorverknüpfung entsteht ein umlaufender Dunkel- oder Hellpunkt.

6.5. Zähldekade

Herzstück von elektronischen Uhren, Frequenzmessern, Digitalvoltmetern usw. ist der Zählbaustein, z. B. in der Kombination P 192 C als Zähldekade, P 195 C als Zwischenspeicher (für Zähler und Digitalvoltmeter sinnvoll, für Uhren nicht nötig) und P 147 C als Decoder für eine 7-Segment-Anzeige vom Typ VQB 71 mit gemeinsamer Anode. Ein solcher Zählbaustein wird, sofern sich das Angebot in der gegenwärtig absehbaren Richtung entwickelt, Zentralobjekt eines der nächsten Baupläne sein.

7. Stromversorgung

Allgemeine Forderungen an TTL-Stromversorgungen wurden schon in Abschnitt 4. genannt. Niedrige statische und dynamische Innenwiderstände lassen sich am besten mit integrierten Spannungsreglern, etwa vom Typ MH 723 von TESLA, realisieren. Erfahrungsgemäß reichen für viele Amateuranwendungen aber auch derzeit noch billigere Lösungen aus, angefangen bei der Z-Dioden-Stabilisierung mit parallelgeschaltetem Elektrolytkondensator (2200 µF/10 V stehen heute bereits mit recht kleinen Maßen zur Verfügung!) über die Transistor-Z-Dioden-Kombination bis zum in »diskreter« Technik aufgebauten Regelbaustein. Vergleiche dazu z. B. das »Bauplan-Bastel-Buch« (2. Aufl. 1978)! Bild 25 zeigt eine praktisch erprobte Schaltung mit einem handelsüblichen Klingeltransformator KT 07, bei der der Transformatorinnenwiderstand mit in die Dimensionierung eingeht. Sie ist, wenn der Transistor mit einem Kühlstern versehen wird, bis etwa 300 mA einsetzbar. Ohne Kühlstern sollte man nicht über etwa 170 mA hinausgehen. Diese Schaltung ist für Experimente der in diesem Bauplan gezeigten Art gut geeignet, wenn sie sich auch bei größeren Strömen bereits an der Grenze der von den Netzspannungsschwankungen her zu erwartenden Möglichkeiten, die TTL-Mindestspannung zu stabilisieren, bewegt. Bei größeren erforderlichen Strömen empfehlen sich statt des 0,5-A-Transformatortyps der 1-A-Typ und ein Si-Leistungstransistor aus der KU- oder KD-Reihe.

8. Literatur

Zu einer Art »Standardwerk« für den TTL-Praktiker ist das Buch von Kühn/Schmied »Integrierte Schaltkreise« geworden (VEB Verlag Technik). Technologisch Interessierte finden umfangreiches Material z. B. zum inneren Aufbau von Schaltkreisen in Glaser/Kohl »Mikroelektronik«, ebenfalls VEB Verlag Technik. Zu den im vorliegenden Bauplan behandelten Typen sind in der Zeitschrift »radio-fernsehen-elektronik« unter anderem in folgenden Heften Beiträge erschienen: 17/73, 4/74, 18/74, 16/75, 7/76, 12/77, außerdem im »FUNKAMATEUR«, z. B. in H. 11/75. Auf Einsatzfragen technologischer Art geht, wie schon im Text erwähnt, die 1976 im Militärverlag der DDR in 2. Auflage erschienene »Amateurtechnologie« ein, und unter anderem zu Stromversorgungsfragen gibt das »Bauplan-Bastel-Buch« (2. Auflage 1978) aus dem selben Verlag Auskunft.

9. Bezugsquellen und Preise

Die vorgestellten Schaltkreise der »P«-Reihe werden seit 1976 bzw. 1977 als laufendes Sonderangebot von den Amateur-Fachfilialen des VEB Industrievertrieb Rundfunk und Fernsehen und weiteren Einzelhandelsgeschäften geführt. Versand in die gesamte DDR betreibt auch weiterhin der Konsum-Elektronik-Versand 7264 Wermsdorf, Clara-Zetkin-Str. 21. Es gelten folgende Preise (EVP in M/Stück):

P 122 C 4,65; P 147 C 13,30; P 172 C 6,–; P 174 C 8,65; P 181 C 14,20; P 191 C 13,–; P 192 C 18,80; P 193 C 18,80; P 195 C 13,40; P 200 C 3,25; P 201 C 3,25; P 204 C 4,45; P 210 C 2,65; P 220 C 1,90; P 230 C 1,20; P 240 C 2,55; P 251 C 1,90; P 254 C 1,30; P 274 C 8,65.

Tabelle 1
Technische Daten der Amateurschaltkreise mit kleinem Integrationsgrad

Absolute Grenzwerte		gültig für
Betriebsspannung[1])	$U_S = 0\,V \ldots +7\,V$	alle Typen
Eingangsspannung	$U_I = -0{,}8\,V \ldots +5{,}5\,V$	alle Typen
Spannung zwischen 2 Eingängen	$\Delta U_I = 5{,}5\,V$	alle Typen
Umgebungstemperatur	$\vartheta_a = 0 \ldots +70\,°C$	alle Typen
Betriebswerte		
Betriebsspannung	$U_S = 4{,}75\,V \ldots 5{,}25\,V$	alle Typen
H-Eingangsspannung	$U_{IH} = 2\,V \ldots 5{,}5\,V$	alle Typen
L-Eingangsspannung	$U_{IL} = 0\,V \ldots 0{,}8\,V$	alle Typen
Ausgangslastfaktor[2])	$N_O \leq 10$	(außer P 240 C)
	$N_O \leq 30$	P 240 C
Impulsbreite an den Eingängen		
T, R, S	$t_{pI} \geq 30\,ns$	P 172 C, P 174 C
Voreinstellzeit	$t_{setup} \geq 20\,ns$	P 274 C
Haltezeit	$t_{hold} \geq 5\,ns$	P 174 C, P 274 C
Statische Kennwerte für Umgebungstemperatur 25 °C und $U_S = 5\,V$		
H-Ausgangsspannung	bei	
$U_{OH} \geq 2{,}4\,V$	$-I_{OH} = 0{,}4\,mA$	P 172 C, P 174 C
	$-I_{OH} = 1{,}5\,mA$	P 240 C
	$-I_{OH} = 0{,}5\,mA$	alle anderen Typen
L-Ausgangsspannung		
$U_{OL} \leq 0{,}5\,V$	$I_{OL} = 16\,mA$	P 172 C, P 174 C
	$I_{OL} = 60\,mA$	P 240 C
	$I_{OL} = 20\,mA$	alle anderen Typen

1) Spannungswerte beziehen sich, sofern nicht anders vermerkt, auf Masse (M)
2) $N_O = 1$ bedeutet bei P 172 C und P 174 C: $-I_{OH} = 40\,\mu A$, $I_{OL} = 1{,}6\,mA$
bei den übrigen Typen: $-I_{OH} = 50\,\mu A$, $I_{OL} = 2\,mA$

Tabelle 2
Informationskennwerte der Amateurschaltkreise mit kleinem Integrationsgrad (typische Werte bei U_S = 5 V und Umgebungstemperatur 25 °C)

Typ	Stromaufnahme I_S (Ausgänge unbelastet)		Mittlere Signalverzögerungszeit $\bar{t}_D$	maximale Taktfrequenz f_{max}
	bei L am Ausgang	bei H am Ausgang		
P 172 C	11 mA	11 mA		25 MHz
P 174 C	14 mA	14 mA		20 MHz
P 200 C	22 mA	9 mA	8 ns	
P 201 C	24 mA	6 mA	11 ns	
P 204 C	30 mA	13 mA	8 ns	
P 210 C	17 mA	7 mA	8 ns	
P 220 C	11 mA	5 mA	8 ns	
P 230 C	6 mA	3 mA	8 ns	
P 240 C	21 mA	10 mA	8 ns	
P 251 C	15 mA	8 mA	8 ns	
P 254 C	8 mA	7 mA	8 ns	
P 274 C	25 mA	25 mA		45 MHz

Tabelle 4
Technische Daten der Amateurschaltkreise mit mittlerem Integrationsgrad

Absolute Grenzwerte[1])		gültig für
Betriebsspannung	U_S = 0 V ... +7 V	alle Typen[2])
Eingangsspannung	U_I = −0,8 V ... +5,5 V	alle Typen[3])
Eingangsspannung (an A oder B oder U_{ref})	$U_I \leq 5{,}5$ V	P 122 C
Spannung zwischen 2 Eingängen	$\Delta U_I \leq 5{,}5$ V	alle Typen
Differenzspannung an A oder B	U_{ID} = −5 V ... +5 V	P 122 C
an U_{ref}	U_{ref} = −5 V ... +5 V	P 122 C
Umgebungstemperatur	ϑ_a = 0 ... +70 °C	alle Typen
Betriebswerte[1])		
Betriebsspannung	U_S = 4,75 V ... 5,25 V	alle Typen[2])
H-Eingangsspannung	U_{IH} = 2 V ... 5,5 V	alle Typen[4])
L-Eingangsspannung	U_{IL} = 0 V ... 0,8 V	alle Typen[4])
H-Ausgangsspannung an S0 oder S1	$U_{OH} \leq 5{,}5$ V	P 181 C
Referenzspannung	U_{ref} = 15 mV ... 40 mV	P 122 C
Ausgangslastfaktor[5])	$N_O \leq 10$	P 191 C, P 192 C, P 193 C, P 195 C
	$N_{OL} \geq 12$[6])	P 147 C
	$N_O \geq 5$[7])	P 147 C
Schreibimpulsbreite	$t_{pw} \geq 30$ ns	P 181 C
Taktimpulsbreite	$t_p \geq 30$ ns	P 191 C
	$t_p \geq 20$ ns	P 195 C
Zähleingangsimpulsbreite	$t_z \geq 30$ ns	P 192 C, P 193 C
Voreinstellzeit	$t_{setup} \geq 30$ ns	P 191 C, P 192 C, P 193 C
	$t_{setup} \geq 25$ ns	P 195 C

1) Spannungswerte beziehen sich – sofern nicht anders vermerkt – auf Masse (M)
2) bei P 122 C gültig für U_{S+} sowie $-U_{S-}$
3) bei P 122 C gültig für S_A oder S_B oder U_{ref}
4) bei P 122 C gültig für Eingänge S_A, S_B und G
5) N_O = 1 bedeutet $-I_{OH}$ = 40 μA, I_{OL} = 1,6 mA
6) für Ausgänge a...g
7) für BI/RBO

Tabelle 3a
Funktionstabelle zum P 172 C

t_n		t_{n+1}		Erklärung
J	K	Q	$\bar{Q}$	
L	L	$Q(t_n)$	$\bar{Q}(t_n)$	Keine Veränderung an den Ausgängen
L	H	L	H	Eingabe bestimmter logischer Niveaus
H	L	H	L	
H	H	$\bar{Q}(t_n)$	$Q(t_n)$	bistabiles Verhalten

Tabelle 3b
Funktionstabelle zum P 174 C (P 274 C)

D	$Q(t_n)$	$Q(t_{n+1})$
L	L	L
	H	L
H	L	H
	H	H

Tabelle 6
Informationskennwerte bei U_S = 5 V und 25 °C Umgebungstemperatur der Amateurschaltkreise mit mittlerem Integrationsgrad (typische Werte)

Typ	Stromaufnahme I_S	maximale Taktfrequenz f_{max}	maximale Zählfrequenz f_Z
P 122 C	−14 mA/+25 mA	–	–
P 147 C	65 mA	–	–
P 181 C	60 mA	–	–
P 191 C	40 mA	10 MHz	–
P 192 C	85 mA	–	20 MHz
P 193 C	85 mA	–	20 MHz
P 195 C	60 mA	–	–

Tabelle 7a
Logikpegel des P 122 C

Eingänge	H	L
A, B	$\lvert U_{ID}\rvert \geq U_{T\,max}$	$\lvert U_{ID}\rvert \leq U_{T\,max}$
G, S_A, S_B	$U_I \geq U_{IH\,min}$	$U_I \leq U_{IL\,max}$

Tabelle 7b
Funktionstabelle des P 122 C

A	B	G	S_A	S_B	Y
L	L	H	X	X	H
L	X	H	X	L	H
X	L	H	L	X	H
X	X	H	L	L	H
X	X	L	X	X	L
H	X	X	H	X	L
X	H	X	X	H	L

X = beliebig (Pegel L oder H)

Achtung!

Zu diesem Bauplan ist erstmals ein »typofix-electronic-special«-Abreibefolienblatt mit den ätzfesten Leiterbildern im Fachhandel erhältlich; vgl. Verarbeitungshinweise im FUNKAMATEUR H. 1/78 zu diesem Verfahren. Ätzhemmende Klebereste neben den Leiterzügen lassen sich übrigens von der Kupferfolie mit Wattebausch und Leichtbenzin entfernen. Testverkauf erfolgt ab Erscheinen dieses Bauplans in den RFT-Filialen Berlin und Erfurt sowie für die gesamte DDR im Konsum-Elektronik-Versand, 7264 Wermsdorf, Clara-Zetkin-Str. 21. Falls dabei keine weiteren Positionen per Nachnahme mit bestellt werden, erfolgt der Versand von Einzelblättern gegen Vorauskasse (EVP 1,65 M plus –,25 M Porto) – auch in Briefmarken möglich!
Auch die im o. g. FUNKAMATEUR beschriebene A4-Folie (EVP 2,35 M) für die Selbstherstellung beliebiger Leiterplatten ist in diesen Verkaufsstellen wieder erhältlich (im Versand von Wermsdorf mit –,40 M Porto).

Tabelle 5

Statische Kennwerte der Amateurschaltkreise mit mittlerem Integrationsgrad; U_S = 5 V, Umgebungstemperatur 25 °C

Typ	Kennwert	Wert
P 122 C	Differenzeingangsschwellspannung	
	bei U_{ref} = 15 mV	U_T = 8 mV ... 22 mV
	bei U_{ref} = 40 mV	U_T = 33 mV ... 47 mV
	H-Ausgangsspannung	$U_{OH} \geq 2{,}4$ V (bei $-I_{OH}$ = 0,4 mA)
	L-Ausgangsspannung	$U_{OL} \leq 0{,}5$ V (bei I_{OL} = 16 mA)
	Eingangsbasisstrom	$I_{IB} \leq 75$ µA (bei U_{ID} = 0)
	H-Eingangsstrom für S und G	$I_{IH} \leq 150$ µA (bei U_{IH} = 2,4 V)
	L-Eingangsstrom für S und G	$I_{IL} \leq 3$ mA (bei U_{IL} = 0,4 mA)
P 147 C	H-Ausgangsspannung	
	für a ... g	$U_{OH} \geq 10$ V (bei I_{OH} = 250 µA)
	für BI/RBO	$U_{OH} \geq 2{,}4$ V (bei I_{OH} = 200 µA)
	L-Ausgangsspannung	
	für a ... g	$U_{OL} \leq 0{,}5$ V (bei I_{OL} = 20 mA)
	für BI/RBO	$U_{OL} \leq 0{,}5$ V (bei I_{OL} = 8 mA)
	H-Eingangsstrom für Eingänge A, B, C, D	$I_{IH} \leq 250$ µA (bei U_{IH} = 2,4 V)
	L-Eingangsstrom	
	für Eingänge A, B, C, D	$-I_{IL} \leq 3$ mA (bei U_{IL} = 0,4 V)
	für BI/RBO	$-I_{IL} \leq 6$ mA (bei U_{IL} = 0,4 V)
P 181 C	H-Eingangsspannung U_{IH}	
	an X oder Y (Schreiben oder Lesen möglich)	$\geq 2{,}1$ V
	an W0 oder W1 (Schreiben möglich)	≥ 2 V
	L-Eingangsspannung U_{IL}	
	an X oder Y (Schreiben verhindert)	$\leq 0{,}8$ V
	an X oder Y (Lesen verhindert)	≤ 1 V
	an W0 oder W1 (Schreiben verhindert)	≤ 1 V
	H-Ausgangsspannung (Auszustand)	$U_{OH} \geq 2{,}4$ V (bei I_{OH} = 250 µA)
	L-Ausgangsspannung (Einzustand)	$U_{OL} \leq 0{,}5$ V (bei I_{OL} = 40 mA)
	H-Eingangsstrom I_{IH}	
	in W0 oder W1	≤ 150 µA (bei U_{IH} = 2,4 V)
	in X oder Y	$\leq 1{,}5$ mA (bei U_{IH} = 4,5 V)
	L-Eingangsstrom $-I_{IL}$	
	in W0 oder W1	≤ 3 mA (bei U_{IL} = 0,4 V)
	in X oder Y	≤ 25 mA (bei U_{IL} = 0,4 V)
P 191 C	H-Ausgangsspannung	$U_{OH} \geq 2{,}4$ V (bei $-I_{OH}$ = 0,8 mA)
	L-Ausgangsspannung	$U_{OL} \leq 0{,}5$ V (bei I_{OL} = 16 mA)
	H-Eingangsstrom	$I_{IH} \leq 150$ µA (bei U_{IH} = 2,4 V)
	L-Eingangsstrom	$-I_{IL} \leq 3$ mA (bei U_{IL} = 0,4 V)
P 192 C, P 193 C	H-Ausgangsspannung	$U_{OH} \geq 2{,}4$ V (bei $-I_{OH}$ = 0,4 mA)
	L-Ausgangsspannung	$U_{OL} \leq 0{,}5$ V (bei I_{OL} = 16 mA)
	H-Eingangsstrom	$I_{IH} \leq 150$ µA (bei U_{IH} = 2,4 V)
	L-Eingangsstrom	$-I_{IL} \leq 3$ mA (bei U_{IL} = 0,4 V)
P 195 C	H-Ausgangsspannung	$U_{OH} \geq 2{,}4$ V (bei $-I_{OH}$ = 0,8 mA)
	L-Ausgangsspannung	$U_{OL} \leq 0{,}5$ V (bei I_{OL} = 16 mA)
	H-Eingangsstrom	
	in Eingang MC	$I_{IH} \leq 300$ µA (bei U_{IH} = 2,4 V)
	in die übrigen Eingänge	$I_{IH} \leq 150$ µA (bei U_{IH} = 2,4 V)
	L-Eingangsstrom	
	in Eingang MC	$-I_{IL} \leq 6$ mA (bei U_{IL} = 0,4 V)
	in die übrigen Eingänge	$-I_{IL} \leq 3$ mA (bei U_{IL} = 0,4 V)

Tabelle 9

Funktionstabelle des P 181 C: X – beliebig (L oder H); unterstrichen: Potentiale zur Informationsabgabe oder -aufnahme

	Adreßeingänge		Schreibeingänge		Leseeingänge	
	X1 ... X4	Y1 ... Y4	W1	W0	S1	S0
Schreiben (H-Impuls an W1 oder W0)	H	H	H L	L H	H	H
Lesen (L-Impuls an S1 oder S0)	H	H	L	L	L H	H L
unverändert	L	H	X	X	H	H
	H	L	X	X	H	H
	L	L	X	X	H	H
unzulässig	H	H	H	H	H	H

(Bei Schreiben: W1/W0 = H/L oder L/H; bei Lesen: S1/S0 = L/H oder H/L.)

Tabelle 8

Zeichendarstellung einer 7-Segment-Lumineszenzanzeige in Abhängigkeit von den Eingangszuständen am P 147 C: 1 – Dezimalzahl oder Funktion; 2 – Eingangszustände (a – Zahl im BCD-Code, b – Sonderfunktionen); 3 – Zeichen der angeschlossenen 7-Segment-Anzeige. X – beliebiger Pegel (L oder H); LT – Lampentest (Prüfung aller Segmente); BI – Dunkelsteuerung der Anzeige; RBI – Eingang Dunkelsteuerung der Ziffer 0; RBO – Ausgang Dunkelsteuerung der Ziffer 0

1	2							3
	a				b			
	A	B	C	D	LT	RBI	BI(RBO)	
0	L	L	L	L	H	H	H	
1	H	L	L	L	H	X	H	
2	L	H	L	L	H	X	H	
3	H	H	L	L	H	X	H	
4	L	L	H	L	H	X	H	
5	H	L	H	L	H	X	H	
6	L	H	H	L	H	X	H	
7	H	H	H	L	H	X	H	
8	L	L	L	H	H	X	H	
9	H	L	L	H	H	X	H	
10	L	H	L	H	H	X	H	
11	H	H	L	H	H	X	H	
12	L	L	H	H	H	X	H	
13	H	L	H	H	H	X	H	
14	L	H	H	H	H	X	H	
15	H	H	H	H	H	X	H	
LT	X	X	X	X	L	X	H	
BI	X	X	X	X	X	X	L	
RBI	L	L	L	L	H	L	L	

Tabelle 10

Funktionstabelle des P 191 C (synchroner Betrieb): t_n-Bit-Zeit vor dem Taktimpuls; t_{n+8}-Bit-Zeit nach 8 Taktimpulsen

t_n		t_{n+8}	
Eingänge		Ausgänge	
A	B	Q	$\bar{Q}$
L	L	L	H
L	H	L	H
H	L	L	H
H	H	H	L

Tabelle 11

Zählschrittfolge für P 192 C (gilt von 0 bis 9) und für P 193 C (gilt von 0 bis 15). Nach 9 bzw. 15 folgt wieder die Konfiguration für 0, je nach Zählertyp

	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D	
0	L	L	L	L	
1	H	L	L	L	
2	L	H	L	L	
3	H	H	L	L	
4	L	L	H	L	
5	H	L	H	L	
6	L	H	H	L	
7	H	H	H	L	
8	L	L	L	H	
9	H	L	L	H	
0	L	L	L	L	nur für P 192 C
10	L	H	L	H	nur für P 193 C
11	H	H	L	H	
12	L	L	H	H	
13	H	L	H	H	
14	L	H	H	H	
15	H	H	H	H	
0	L	L	L	L	

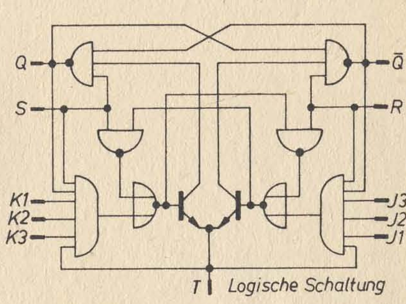
Bild 1

Übersicht über digitale bipolare Amateurschaltkreise mit kleinem Integrationsgrad: 1 – Typ und Funktion; 2 – Anschlußbelegung (von oben); 3 – innere Schaltung. Neue Symbole siehe Bild 2!

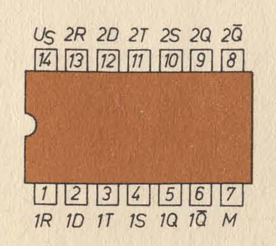
1 2 3

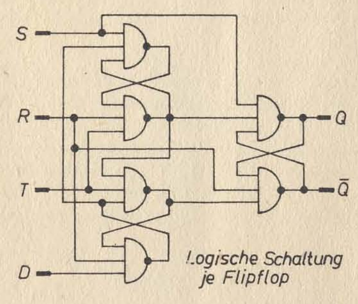
P 172 C
J-K-Master-Slave-
Flip-Flop

U_S S T K3 K2 K1 Q
14 13 12 11 10 9 8
1 2 3 4 5 6 7
R J1 J2 J3 $\bar{Q}$ M

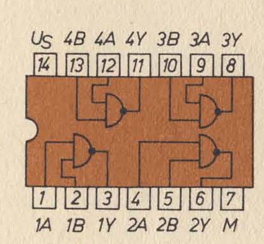


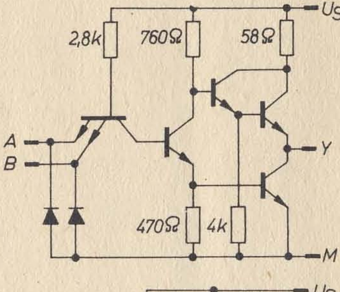
P 174 C, P 274 C
2 D-Flip-Flop
(flankengetriggert)





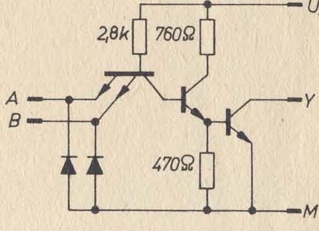
P 200 C
4 NAND-Gatter
mit je 2 Eingängen



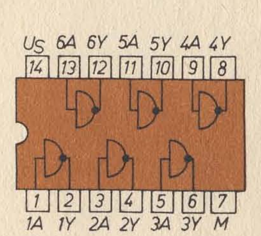


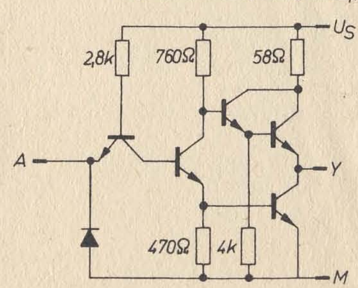
P 201 C
4 NAND-Gatter
mit je 2 Eingängen;
offene Kollektorausgänge

wie P 200 C
(s. o.)



P 204 C
6 Inverter

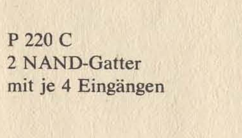




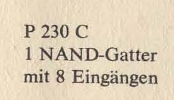
P 210 C
3 NAND-Gatter
mit je 3 Eingängen

U_S 1C 1Y 3C 3B 3A 3Y
14 13 12 11 10 9 8
1 2 3 4 5 6 7
1A 1B 2A 2B 2C 2Y M

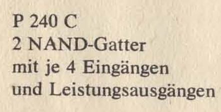
P 220 C
2 NAND-Gatter
mit je 4 Eingängen



P 230 C
1 NAND-Gatter
mit 8 Eingängen

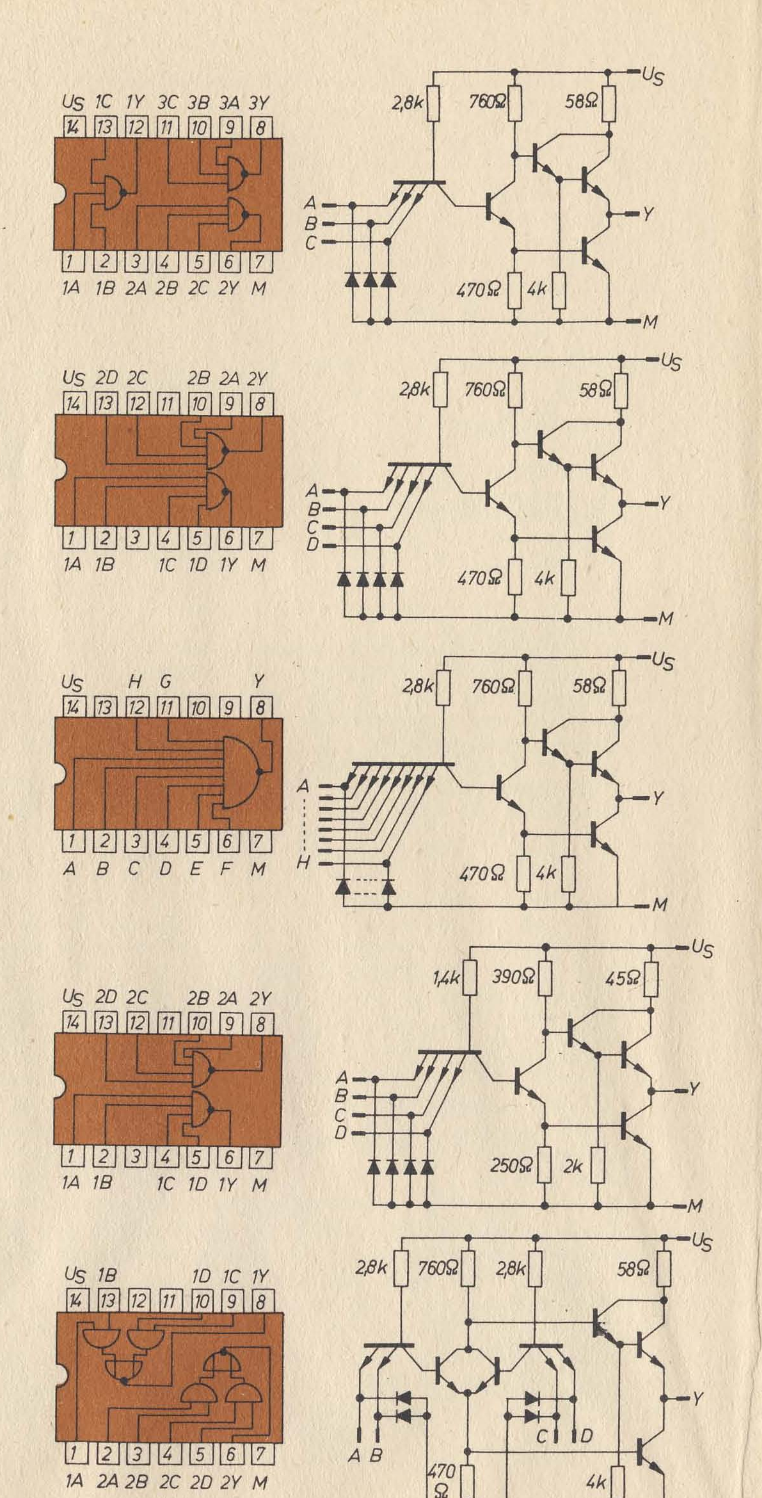


P 240 C
2 NAND-Gatter
mit je 4 Eingängen
und Leistungsausgängen

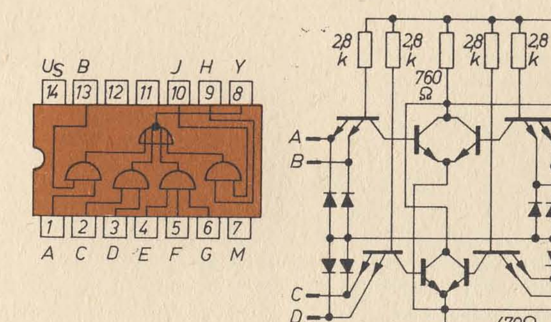


P 251 C
2 AND-NOR-Gatter
mit je 2 × 2 Eingängen

U_S 1B 1D 1C 1Y
14 13 12 11 10 9 8
1 2 3 4 5 6 7
1A 2A 2B 2C 2D 2Y M



P 254 C
1 AND-NOR-Gatter
mit 3 × 2 und 1 × 3 Eingängen



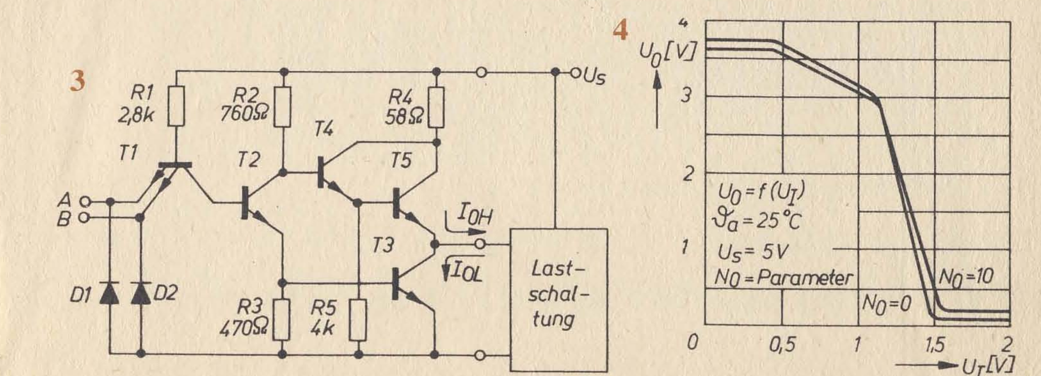
2

Bild 2
Übersicht über logische Grundschaltungen:
1 – Grundschaltung; 2 – Funktionstabelle (L = Low, niedrig, H = High, hoch); 3 – logische Funktion (Reaktion des Ausgangs auf den Eingang); 4 – logisches Symbol (oben: bisher, darunter: neu nach TGL 16056, vgl. »radio-fernsehen-elektronik« 18/76!); 5 – NAND-Äquivalenz in neuer Symbolik

1	2: A	2: B	2: Y	3	4	5
Inverter	L	—	H	$Y = \overline{A}$		
	H	—	L			
AND (UND)	L	L	L	$Y = A \wedge B$		
	L	H	L			
	H	L	L			
	H	H	H			
OR (ODER)	L	L	L	$Y = A \vee B$		
	L	H	H			
	H	L	H			
	H	H	H			
NAND (UND invers)	L	L	H	$Y = \overline{A \wedge B}$		—
	L	H	H			
	H	L	H			
	H	H	L			
NOR (ODER invers)	L	L	H	$Y = \overline{A \vee B}$		
	L	H	L			
	H	L	L			
	H	H	L			

Bild 3
Wirkungsweise eines NAND-Gatters

Bild 4
»Transfer«-Kennlinie (Übergangsverhalten eines Gatters; Ausgangsspannung U_O als Funktion der Eingangsspannung U_I)



5

1	2	3
P 122 C 2-Kanal-Leseverstärker	16 U_{S+}, 15 S_A, 14 G, 13 M2, 12 Y, 11 S_B, 10 R_L, 9 M1 1 C_{ext}, 2 A1, 3 A2, 4 $-U_{ref}$, 5 $+U_{ref}$, 6 B1, 7 B2, 8 U_{S-}	A1, A2 Eingänge Lesekanal A B1, B2 Eingänge Lesekanal B C_{ext} Anschluß für Kapazität G Gate-Eingang M1, M2 Masseanschlüsse R_L Anschluß für Arbeitswiderstand S_A, S_B Strobe-Eingänge U_{s+}, U_{s-} Betriebsspannungen Y Ausgang
P 147 C BCD-zu-7-Segment-Decoder	16 U_S, 15 f, 14 g, 13 a, 12 b, 11 c, 10 d, 9 e 1 B, 2 V, 3 LT, 4 BI/RBO, 5 RBI, 6 D, 7 A, 8 M	A ... D Eingänge (BCD-Code) a ... g Segmenttreiber-Ausgänge (7-Segment-Code) BI/RBO Eingang BI/Ausgang RBO LT Lampentest RBI Eingang Dunkelsteuerung Ziffer 0 U_S Betriebsspannung (positiv) M Masse (Minuspol von U_S)
P 181 C 16-Bit-Speicher (RAM)	14 X4, 13 W1, 12 S1, 11 S0, 10 M, 9 W0, 8 Y4 1 X3, 2 X2, 3 X1, 4 U_S, 5 Y1, 6 Y2, 7 Y3	S0, S1 Leseausgänge W0, W1 Schreibeingänge X1 ... X4, Y1 ... Y4 Adreßeingänge U_S Betriebsspannung (positiv) M Masse (Minuspol von U_S)
P 191 C 8-Bit-Schieberegister	14 $\overline{Q}$, 13 Q, 12 A, 11 B, 10 M, 9 $\overline{T}$, 8 1, 2, 3, 4 U_S, 5, 6, 7	A, B Dateneingänge $\overline{T}$ Takteingang (invertiert) Q Standardausgang $\overline{Q}$ Standardausgang (invertiert) U_S Betriebsspannung (positiv) M Masse (Minuspol von U_S)
P 192 C Synchroner Vor-/Rückwärts-Dezimalzähler P 193 C Synchroner Vor-/Rückwärts-Binärzähler	16 U_S, 15 A, 14 R, 13 ÜR, 12 ÜV, 11 L, 10 C, 9 D P 192 C / P 193 C 1 B, 2 QB, 3 QA, 4 ZR, 5 ZV, 6 QC, 7 QD, 8 M	A ... D Dateneingänge Q_A ... Q_D Standardausgänge (BCD-Code bei P 192 C, Dualcode bei P 193 C) L Ladeeingang R Rückstellen ÜR Übertrag rückwärts ÜV Übertrag vorwärts ZR Zählereingang rückwärts ZV Zählereingang vorwärts U_S Betriebsspannung (positiv) M Masse (Minuspol von U_S)
P 195 C 4-Bit-Links-Rechts Schieberegister	14 U_S, 13 QA, 12 QB, 11 QC, 10 QD, 9 T1, 8 T2 1 ES, 2 A, 3 B, 4 C, 5 D, 6 MC, 7 M	A ... D Eingänge für parallele Dateneingabe ES Eingang für serielle Dateneingabe MC Steuereingang T1, T2 Takteingänge Q_A ... Q_D Standardausgänge U_S Betriebsspannung (positiv) M Masse (Minuspol von U_S)

Bild 5
Übersicht über digitale bipolare Amateurschaltkreise mit mittlerem Integrationsgrad: 1 – Typ und Funktion; 2 – Anschlußbelegung; 3 – Erläuterungen

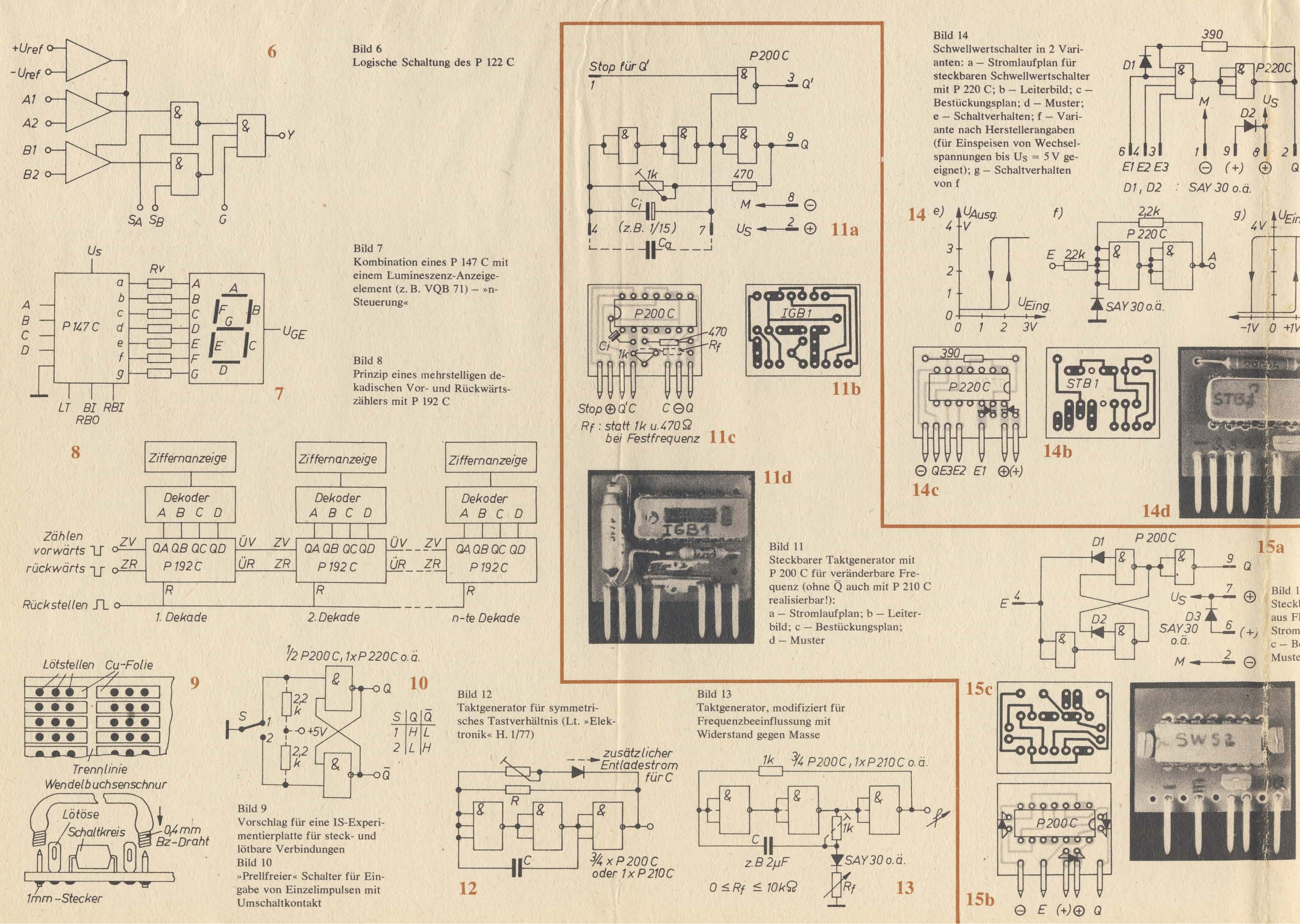


Bild 6
Logische Schaltung des P 122 C

Bild 7
Kombination eines P 147 C mit einem Lumineszenz-Anzeigeelement (z. B. VQB 71) – »n-Steuerung«

Bild 8
Prinzip eines mehrstelligen dekadischen Vor- und Rückwärtszählers mit P 192 C

Bild 9
Vorschlag für eine IS-Experimentierplatte für steck- und lötbare Verbindungen

Bild 10
»Prellfreier« Schalter für Eingabe von Einzelimpulsen mit Umschaltkontakt

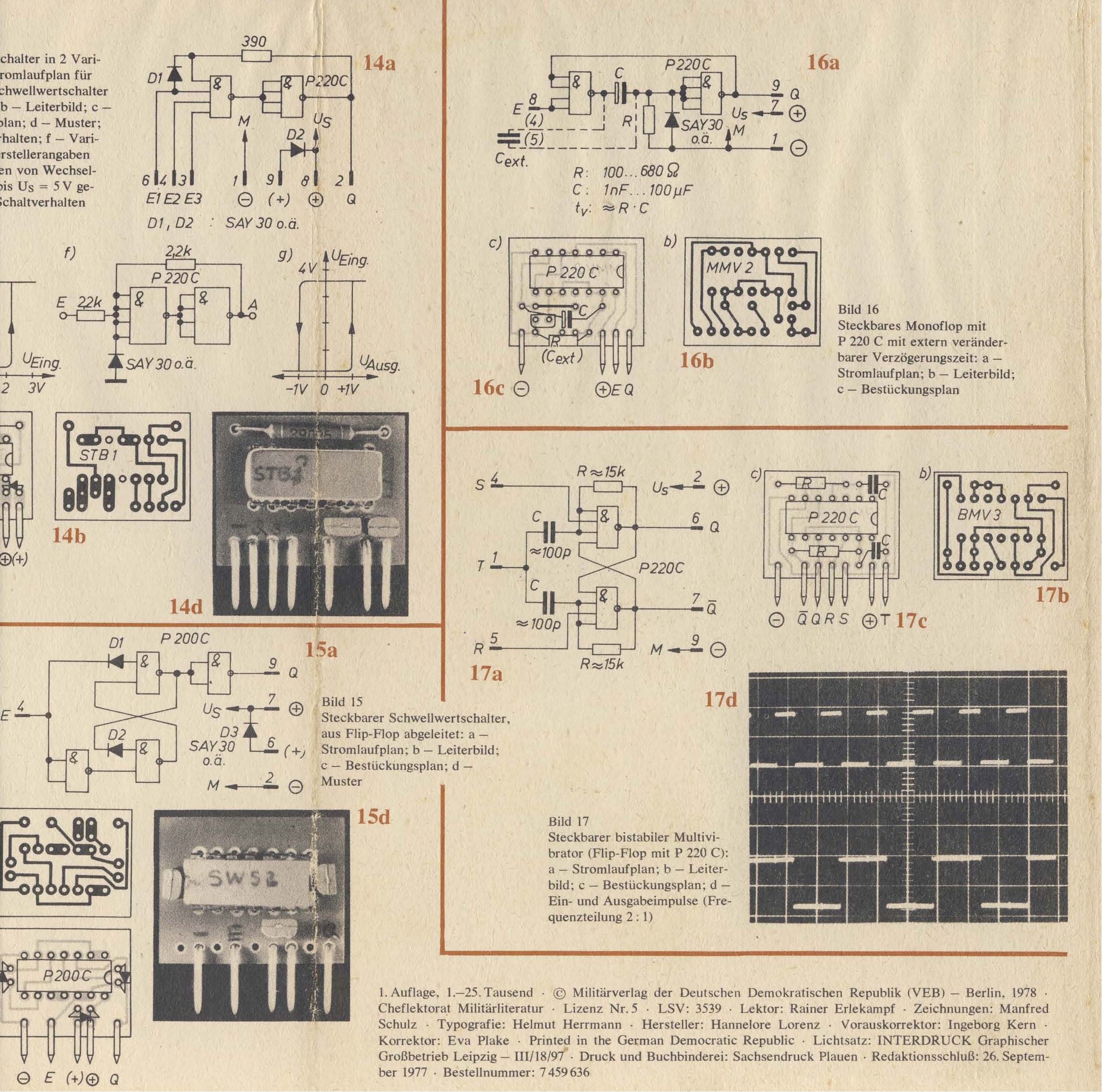
Bild 11
Steckbarer Taktgenerator mit P 200 C für veränderbare Frequenz (ohne Q̄ auch mit P 210 C realisierbar!):
a – Stromlaufplan; b – Leiterbild; c – Bestückungsplan; d – Muster

Bild 12
Taktgenerator für symmetrisches Tastverhältnis (Lt. »Elektronik« H. 1/77)

Bild 13
Taktgenerator, modifiziert für Frequenzbeeinflussung mit Widerstand gegen Masse

Bild 14
Schwellwertschalter in 2 Varianten: a – Stromlaufplan für steckbaren Schwellwertschalter mit P 220 C; b – Leiterbild; c – Bestückungsplan; d – Muster; e – Schaltverhalten; f – Variante nach Herstellerangaben (für Einspeisen von Wechselspannungen bis U_S = 5 V geeignet); g – Schaltverhalten von f

Bild 1
Steck
aus Fl
Strom
c – Be
Muste



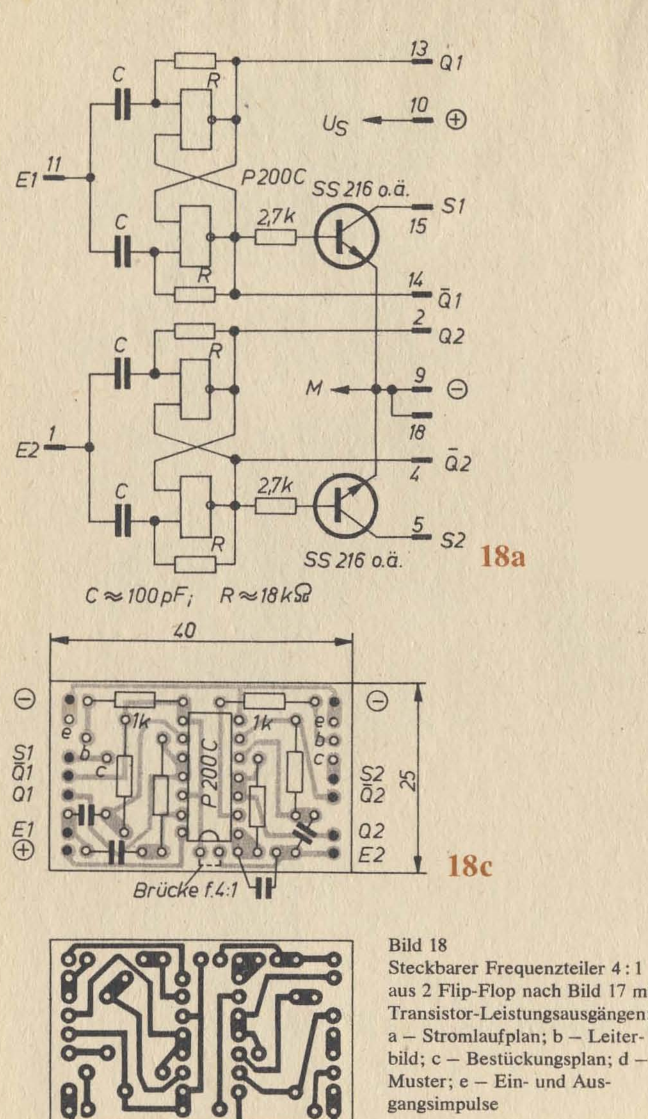
…chalter in 2 Vari-
…romlaufplan für
…chwellwertschalter
…b – Leiterbild; c –
…plan; d – Muster;
…halten; f – Vari-
…erstellerangaben
…en von Wechsel-
…bis U_S = 5 V ge-
…Schaltverhalten

Bild 15
Steckbarer Schwellwertschalter, aus Flip-Flop abgeleitet: a – Stromlaufplan; b – Leiterbild; c – Bestückungsplan; d – Muster

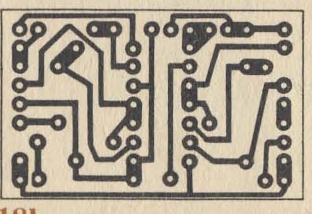
Bild 16
Steckbares Monoflop mit P 220 C mit extern veränderbarer Verzögerungszeit: a – Stromlaufplan; b – Leiterbild; c – Bestückungsplan

Bild 17
Steckbarer bistabiler Multivibrator (Flip-Flop mit P 220 C): a – Stromlaufplan; b – Leiterbild; c – Bestückungsplan; d – Ein- und Ausgabeimpulse (Frequenzteilung 2 : 1)

1. Auflage, 1.–25. Tausend · © Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) – Berlin, 1978 · Cheflektorat Militärliteratur · Lizenz Nr. 5 · LSV: 3539 · Lektor: Rainer Erlekampf · Zeichnungen: Manfred Schulz · Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Hannelore Lorenz · Vorauskorrektor: Ingeborg Kern · Korrektor: Eva Plake · Printed in the German Democratic Republic · Lichtsatz: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb Leipzig – III/18/97 · Druck und Buchbinderei: Sachsendruck Plauen · Redaktionsschluß: 26. September 1977 · Bestellnummer: 7 459 636

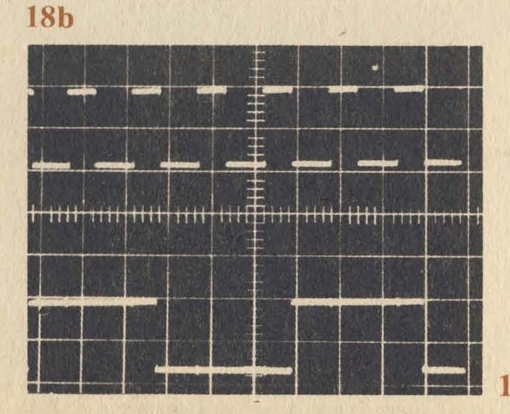


18a



18c

Bild 18
Steckbarer Frequenzteiler 4 : 1 aus 2 Flip-Flop nach Bild 17 mit Transistor-Leistungsausgängen: a – Stromlaufplan; b – Leiterbild; c – Bestückungsplan; d – Muster; e – Ein- und Ausgangsimpulse



18b

18e

18d

19

Bild 19
a und b – Beispiele zu Frequenzteilern mit integrierten Flip-Flop P 172 C (nach Kühn und Schmied); c bis h – erprobte Teiler mit den 2fach-D-Flip-Flop P 174 C bzw. P 274 C; i – steckbarer Teiler 3 : 1; k – steckbarer Teiler »2 × 2 : 1« (4 : 1); l – steckbarer Teiler 10 : 1 (5 : 1 mit 2 : 1)

21

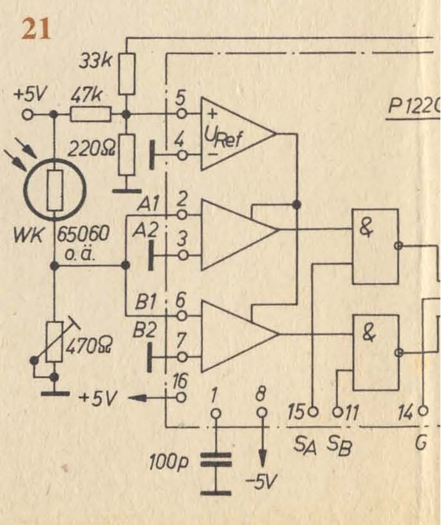


Bild 21
P 122 C als empfindlicher Dämmerungsschalter

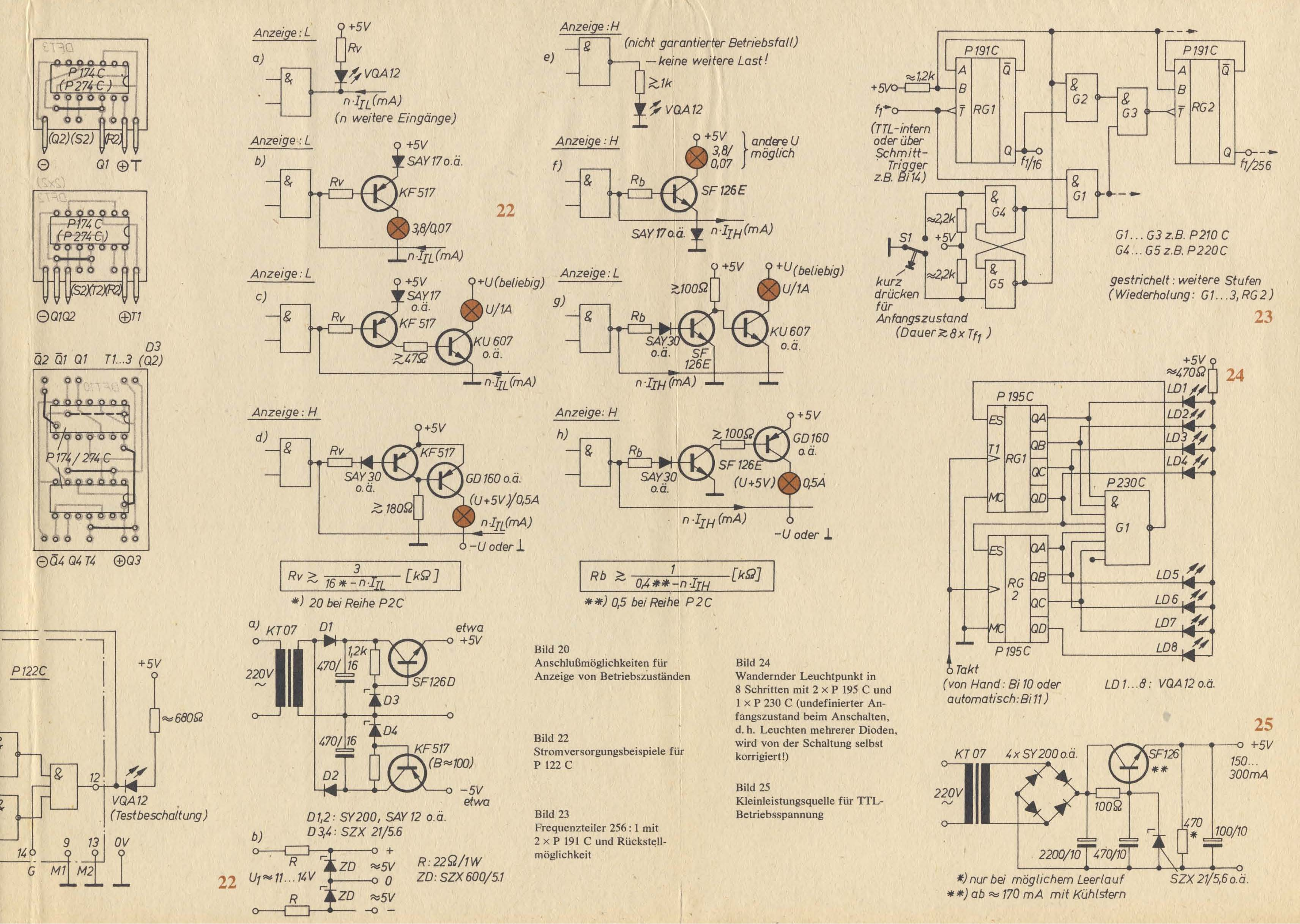


Bild 20
Anschlußmöglichkeiten für Anzeige von Betriebszuständen

Bild 22
Stromversorgungsbeispiele für P 122 C

Bild 23
Frequenzteiler 256 : 1 mit 2 × P 191 C und Rückstellmöglichkeit

Bild 24
Wandernder Leuchtpunkt in 8 Schritten mit 2 × P 195 C und 1 × P 230 C (undefinierter Anfangszustand beim Anschalten, d. h. Leuchten mehrerer Dioden, wird von der Schaltung selbst korrigiert!)

Bild 25
Kleinleistungsquelle für TTL-Betriebsspannung